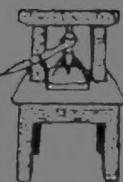
ISSN 0716 - 0178

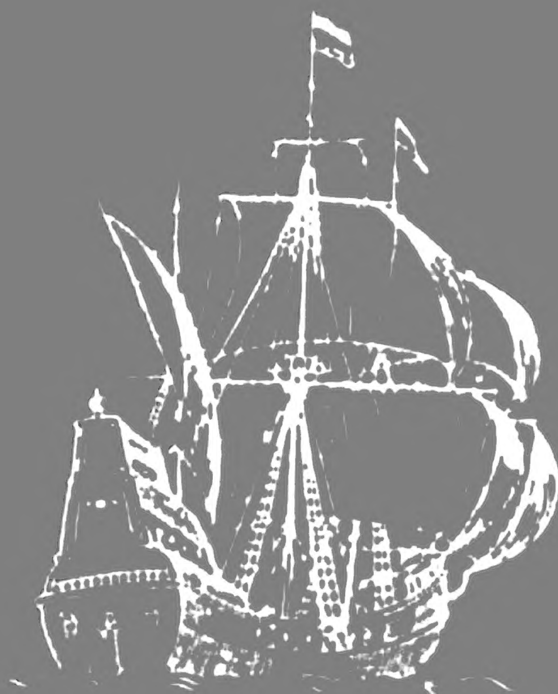


MINISTERIO DE EDUCACION PUBLICA

DIRECCION DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS

UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO





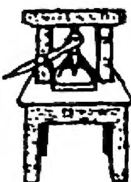
ANALES

MUSEO de HISTORIA NATURAL de VALPARAISO

CHILE

ISSN 0716 - 0178 An. Mus. Hist. Nat. Vol. 22 1994 Valparaíso Chile

ISSN 0716-0178



MINISTERIO DE EDUCACION PUBLICA
DIRECCION DE BIBLIOTECAS, ARCHIVOS Y MUSEOS
UNIVERSIDAD CATOLICA DE VALPARAISO



ANALES
MUSEO de HISTORIA NATURAL de VALPARAISO

CHILE

ISSN 0716 — 0178 An. Mus. Hist. Nat. Vol. 22 1994 Valparaíso Chile

EDICIONES DE LA DIRECCION DE BIBLIOTECAS ARCHIVOS Y MUSEOS

Ministro de Educación Pública	SERGIO MOLINA SILVA
Subsecretario de Educación	JAIME PEREZ DE ARCE ARAYA
Director de Bibliotecas Archivos y Museos	MARTA CRUZ-COKE MADRID
Jefe Departamento de Museos	DANIEL QUIROZ LARREA
Conservador del Museo de Historia Natural de Valparaíso	ANA AVALOS VALENZUELA

ANALES DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL DE VALPARAISO

Edición de 600 ejemplares
Museo de Historia Natural de Valparaíso
Condell 1546 Casilla 3208 Correo 3 Teléfono 25 74 41
Vaparaíso — Chile

Revista indexada en
Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts
Bulletin Signalétique
Zoological Record

Vol. 22

ANALES
DEL
MUSEO DE HISTORIA NATURAL
VALPARAISO - CHILE

1994

INDICE

EFECTO DIARIO DE LAS VARIACIONES DE PH SOBRE EL DECAIMIENTO DE COLIFORMES EN UNA LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CASABLANCA (VALPARAISO, CHILE)[1]

PATRICIO E. DOMÍNGUEZ[2,3], PATRICIO A. FORMAS[2] Y CATHERINE LIZAMA[2].

ABSTRACT

The depuration process of enteric bacterias in a waste-water stabilization pond could be produced by daily pH variations. hotosyntetic activities induced these pH variations.

The objectives are: 1) Estimate the photosynthetic activity of growing-microalgae. 2) Stablish temperature and oxygen daily rofile 3) Evaluate the irradiance/algae/pH relationships and 4) Estimate fecal coliform decay by daily pH variations.

The results are: 1) Dominant microalgae are *Chlorococcum* sp. and *Euglena* sp.; photosynthetic activity of this species is onstant upon 200 μEs/m²seg. 2) Two independient unities are detected in the pond 3) A minimun of algae is requested for inducing H variations 4) Fecal coliform bacteria reduction is detected in epilimnetic unit, but this one is not important.

Key Words: Waste-water stabilization ponds, fecal coliform depuration, pH/photosynthetic activity relationship, waste-water phytoplankton.

INTRODUCCION

El acelerado crecimiento demográfico de la oblación mundial y el desarrollo industrial concomiante han sido factores desencadenantes de alteracioes del medio ambiente, principalmente del acuático, ebido a que desechos de tipo orgánico e inorgánico on vertidos a lagos y ríos, superando su capacidad e autodepuración.

Para atenuar los procesos de eutrofización se ha iseñado diversos sistemas para tratar las aguas egras y que reducen la carga orgánica antes de que stas sean vertidas a los cursos receptores, o eutilizadas con otros fines. Entre estas unidades de atamiento ocupan un lugar importante las lagunas de stabilización de aguas servidas que son sistemas iseñados para depurar aguas negras, cualquiera sea u grado de tratamiento previo u origen (Vargas y oopman 1977). Entre sus ventajas destaca su bajo osto de construcción y de operación por lo cual han do ampliamente utilizadas en países de América atina y El Caribe (Sáenz 1990).

De acuerdo a los procesos biológicos que ocuen en las lagunas de estabilización pueden ser asificadas en aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, siendo de este último tipo las que se encuentran operando en Chile.

Una laguna facultativa, cuya profundidad varía entre 0.9 y 1.50 m, posee un estrato superior aeróbico en donde ocurre el proceso de fotosíntesis y se desarrollan bacterias aeróbicas; un estrato inferior anaeróbico en la que los sólidos acumulados son descompuestos por las bacterias anaeróbicas y una zona intermedia, que puede ser aeróbica o anaeróbica dependiendo de la actividad biológica (fotosíntesis) y/o ambiental (aireación mecánica por vientos). La descomposición de los residuos orgánicos es llevada a cabo por bacterias facultativas. Estos reactores biológicos están estructurados básicamente por la unidad alga-bacteria, ya que el componente heterotrófico es reducido; por lo tanto, la capacidad de depuración microbiológica de la laguna debe estar circunscrita, directa o indirectamente, a procesos derivados de la interacción entre las microalgas y las bacterias descomponedoras.

1.- Fundamentos teóricos que sustentan la capacidad de depuración microbiológica de estas unidades.

) Proyecto CNE 399293 Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación.
) Laboratorio de Hidrobiología. Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación. Casilla 34-V, Valparaíso, Chile.
) Laboratorio de Ecología. Universidad Católica de Valparaíso. Casilla 4059, Valparaíso, Chile.

a) Irradiancia y Actividad fotosintética:

Uno de los aspectos fundamentales en lo referente a producción de microalgas es la relación que se establece entre irradiancia (I) y actividad fotosintética (P). Una producción óptima se obtiene con la máxima tasa de fijación de carbono por unidad de pigmento (Cabrera y Montecino 1987, Dellarossa 1987). Este proceso es directamente proporcional a la irradiancia hasta que, alcanzado un nivel (saturación), la actividad fotosintética se hace independiente de la irradiancia. Cuando los fotorreceptores se saturan por exceso de irradiancia, la actividad fotosintética decrece (fotoinhibición).

Las distintas clases de microalgas presentan diferencias significativas en sus respuestas a la luz de modo que los puntos de saturación, bajo irradiancia continua, es de 40 μEs/m^{2}seg para Dinophyceae, cercano a 80 μEs/m^{2}seg para Bacillariophyceae (diatomeas) y de 200 μEs/m^{2}seg para Chlorophyceae (Richardson 1984).

b) Actividad fotosintética de microalgas y su efecto sobre el sistema carbonato-bicarbonato:

El carbono inorgánico constituye uno de los principales nutrientes de las algas, sin embargo su disponibilidad en los medios acuáticos depende de un complejo sistema en equilibrio que es dependiente del pH: $\Sigma CO_2 = CO_2 + HCO_3^- + CO_3^=$. Cuando $[HCO_3^-] = [CO_2]$, el pH de la solución es 6.36 y cuando $[HCO_3^-] = [CO_3^=]$ el pH es 10.22, de manera que bajo un pH$\leq$6.3, la especie mayoritaria será el CO_2 libre; si el pH> 10.22, la especie dominante será el $CO_3^=$ (López 1984).

Como las lagunas de estabilización son deficitarias en CO_2 la fuente de carbono para las microalgas es bicarbonato (pH,8), anión que al ser consumido durante el proceso fotosintético origina un efecto alterador del equilibrio del sistema carbonato- bicarbonato. En este aspecto se ha reportado amplias variaciones diarias de pH (7.8-11.1) durante días soleados (Oswald 1988).

c) Microorganismos:

La flora bacteriana está estructurada por a) bacterias autóctonas, preferentemente de tipo facultativo, que participan en los procesos de mineralización de la materia orgánica y cuya actividad óptima requiere de un pH de 8.3-8.5 (Oswald 1988) y b) bacterias alóctonas de naturaleza entérica, principalmente del grupo coliformes. Estas bacterias, que ingresan con el afluente podrían experimentar un decaimiento significativo al ingresar a la laguna, debido a la diferencia de condiciones ambientales entre el tracto digestivo y la laguna. Así, un valor de pH superior a 9.2 por 24 horas es letal para coliformes y otras bacterias entéricas, mientras que las bacterias intestinales tienen una vida media de 10 días cuando el pH es 7 (Oswald 1988).

d) Interacción alga-bacteria:

Debido a que las microalgas floculan cuando son sometidas a valores de pH superiores a 9.0 y las bacterias autóctonas tienen una actividad óptima alrededor de 8.3, para un óptimo funcionamiento de una laguna las oscilaciones de pH no deberían superar el rango 7-9.

Considerando los rangos de tolerancia al pH de las bacterias patógenas (4.4-9.0; Doestch y Cook 1973) y las oscilaciones del pH de la laguna (7.9-11.1, Oswald 1988) se puede deducir que como el rango de tolerancia de estas bacterias supera a las variaciones de la oferta ambiental debería esperarse que el efecto depurador del pH sea poco significativo.

2. Antecedentes históricos: resultados de la experiencia.

La experiencia extranjera sobre las lagunas facultativas señala que estas unidades de tratamiento han permitido reducir la concentración de patógenos en un 99,9% operando como laguna en "fase aislada", reducción imposible de obtener en una planta de tratamiento convencional (Sáenz 1990, Yanez 1983 y 1984). Sin embargo, la experiencia chilena no es tan halagüeña habiéndose señalado que estas lagunas no podrían ser consideradas como unidades de tratamiento de residuos orgánicos y de depuración microbiológica en formas simultánea ya que no logran reducir, de manera significativa, el número de coliforme fecales (Gallardo 1989, Galindo et al 1989).

Los estudios realizados en Chile sobre estas lagunas han tenido como objetivo principal la optimización de la purificación de las aguas que se entregan para lo cual se ha probado una serie de técnicas de índole ingenieril, con el objeto de reducir de los efluentes la carga de microorganismos vertidos a los cursos receptores (Gallardo 1989, Sánchez y Vargas 1972; Pieber et al 1981, Espina et al 1981, Galindo et al 1981, Unda et al 1984, Ramírez et al 1985, Villarroel et al 1985, Perretta y Cabrera 1987; Castillo et al 1989).

Experimentos en sistema "batch" realizados por Castillo et al (1989) indican que la depuración microbiológica es un proceso dependiente de los factores climáticos locales y de parámetros como el pH, entre otras variables. Estos resultados señalan

que en verano la duración de las pruebas "batch" en la laguna de Melipilla fue menor que en primavera debido a la rápida desaparición de coliformes fecales y en la tabla de correlaciones que presenta se observa correlaciones negativas y significativas entre pH y reducción de coliformes fecales, y positivas entre pH y radiación solar en las distintas estaciones del año.

En resumen, aquellos aspectos más relevantes considerados en la literatura revisada son:

a) El efecto que genera la actividad fotosintética y la respiración de los organismos presentes en la laguna sobre las variaciones de pH.

b) Los efectos que sobre el pH pueden producir, desde un punto de vista teórico, las irradiancias saturantes y la calidad de microalgas que se desarrollan en la laguna.

c) El amplio rango de tolerancia a pH de las bacterias patógenas respecto de los niveles de variación que se pueden generar en la laguna como consecuencia de la actividad biológica.

d) La experiencia extranjera, principalmente en zonas tropicales, que indican niveles óptimos de depuración.

e) Experimentos en zona templada (Castillo et al 1989) indican que las curvas de decaimiento de coliformes fecales es más rápida en verano que en primavera y que la correlación entre pH y reducción de coliformes fue significativa.

Estas observaciones llevan a pensar que si bien los parámetros propuestos como causales de depuración pueden haber sido bien escogidos, es posible que los diseños experimentales no hayan sido los adecuados o bien, que los marcos conceptuales referenciales para interpretar los fenómenos no han sido bien delimitados (Galindo et al 1989).

Si se considera que el pH es una de las causales más significativas en la depuración microbiológica, la actividad fotosintética sería fundamental para generar variaciones de pH. Cuando no hay fotosíntesis, predominan los procesos de respiración y se alcanza un pH cercano a la neutralidad. Como el pH depende de la actividad fotosintética y ésta, a su vez, de la irradiancia se debería esperar que cuando los días son soleados (irradiancias saturantes), las diferencias de pH entre día y noche deberían ser más amplias que en días nublados. Ahora bien, si las bacterias patógenas toleran un amplio rango de pH, es probable que éstas sean sensibles a las variaciones rápidas y amplias de pH de modo que la velocidad de decaimiento de coliformes sería más alta en la medida que los cambios de pH son más importantes.

Esta explicación es concordante con los resultados referentes a que las curvas de decaimiento de coliformes son más rápidas en verano que en primavera en una zona templada (Castillo et al 1989); con los altos niveles de depuración registrados en las zonas tropicales donde la frecuencia de días despejados es alta y con los bajos niveles de depuración detectado en las lagunas de Chile.

Si se considera a la laguna de estabilización como un depósito a través del cual fluye una cantidad de agua, para que ocurra depuración la concentración de bacterias entéricas debería experimentar una reducción significativa, mayor al decaimiento natural y además persistir en el tiempo. Es de gran importancia, entonces, evaluar la mortalidad fisiológica de los coliformes fecales, considerados como indicadores de depuración, durante el tiempo correspondiente a la escala de trabajo escogida, por cuanto permite establecer la magnitud de la mortalidad atribuible a las variaciones de pH en la laguna.

Basado en los antecedentes expuestos, la hipótesis que se somete a prueba postula que el nivel de depuración microbiológica de la laguna, en una escala de horas, es proporcional a las variaciones de pH.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de las variaciones diarias de pH como factor de depuración de coliformes fecales en una laguna de estabilización de Casablanca.

Los objetivos específicos son:

1.- Determinar la composición taxonómica, la abundancia y valorar la actividad fotosintética de las microalgas presentes en la laguna durante el período estudiado.

2.- Caracterizar físicamente la masa de agua en términos de temperatura y oxígeno en una escala de horas.

3.- Valorar la relación irradiancia-algas-pH.

4.- Evaluar los niveles de decaimiento de coliformes fecales de la laguna por efectos del cambio diario de pH.

MATERIAL Y METODO

a) Area de estudio:

El trabajo fue realizado en la laguna 2 de la Planta de Tratamiento de aguas servidas de Casablanca que tienen un volumen máximo de operación de 19.000 m3 y una superficie de 100 * 100 m. Los detalles técnicos son entregados por Galindo et al 1989.

b) Diseño experimental:

Para evaluar la depuración de coliformes fecales, por tratarse de lagunas facultativas, el diseño experimental consideró dos estratos extremos ya que el proceso de depuración pudiese tener diferente magnitud según se trate de un estrato aeróbico o anaeróbico (0.2 y 1.2 m respectivamente). En cada uno de estos estratos se recolectó una muestra microbiológica por la mañana al iniciar las observaciones (9 A.M), al atardecer cuando la irradiancia fue cero (9 P.M.) y en la mañana del día siguiente antes de iniciarse el proceso fotosintético. Además, en condiciones de laboratorio, se evaluó la mortalidad natural para evaluar el efecto real del pH en la depuración. Simultáneamente, en la misma estación, pero en cuatro estratos (0.0, 0.5, 1.0 y 1.5 m) y a cada hora durante 24 h, se hizo registros de irradiancia, pH, temperatura y oxígeno. Este diseño se aplicó en 8 días con una frecuencia semanal, durante el período comprendido entre el 29.10.92 al 22.12.92.

Como la unidad muestral es el día, para evaluar el efecto conjunto de las variaciones de pH sobre el decaimiento de coliformes fecales se utilizó la prueba t de Student considerando en el test sólo aquellos días que presenten una irradiancia superior a 200 µEs/m^{2}seg y un abundancia de algas mínimas para generar el cambio. Esta prueba estadística es muy robusta o insensible a la suposición de normalidad (Canavos 1987); el supuesto de igualdad de varianzas fue demostrado con la prueba F de Fischer.

c) Técnicas de trabajo:

Los perfiles de irradiancia subacuática se obtuvieron con un cuantómetro LI-COR Modelo LI-185B (sensor LI-192SB); el pH fue medido con un pHmetro ORION 201; la temperatura y el oxígeno con un oxímetro WTW OXI 96 (sensor EOT 196).

Las recolecciones de microalgas fueron realizadas sólo una vez al día, a 20 cm de profundidad al momento de iniciarse el trabajo de campo. El recuento se hizo según la técnica de Utermöhl (Carvajal 1983); los resultados fueron expresados en células/l.

Las experiencias para estimar actividad fotosintética fueron realizadas en el Laboratorio de Limnología de la Universidad de Concepción. Para ello una muestra de agua de la laguna fue incubada en botellas claras y oscuras (Dellarossa 1987), en una gradiente lumínica que va de 0 a 700 µEs/m^{2}seg. La actividad fotosintética fue medida estimando las variaciones de oxígeno disuelto durante el período de incubación (método de Winkler).

Las muestras microbiológicas en terreno fueron tomadas con jeringas provistas de mangueras esterilizadas, adosadas a una barra de aluminio graduada, cuyas bocatomas se localizaron a la profundidad deseada. Las muestras fueron trasladadas de inmediato al laboratorio, transcurriendo no más de dos horas antes de ser diluídas y sembradas.

Para estimar la mortalidad natural de las bacterias coliformes fecales se incubó muestras de 1 litro de agua de la laguna en condiciones de laboratorio (20°C ± 1). Las experiencias se realizaron en condiciones de baja irradiancia a objeto de evitar variaciones de pH por efecto de la actividad fotosintética. El efecto de decaimiento se midió al cabo de dos días. La cuantificación de coliformes fecales fue realizada mediante la técnica del Número más Probable (APHA 1980).

RESULTADOS

La hipótesis que se somete a prueba postula que los niveles de depuración de coliformes fecales son consecuencia de la magnitud de los cambios de pH que experimenta la laguna en una escala de horas. Como tales cambios serían originados por las microalgas, es necesario conocer primeramente la calidad de las algas presentes en la laguna durante el período de estudio, como asimismo algunos atributos fisiológicos referentes a su actividad fotosintética. También, es necesario conocer el marco ambiental en que se desarrolla la actividad fotosintética y los procesos de depuración, lo cual puede ser estimado a través de los perfiles diarios de temperatura y oxígeno.

a) Caracterización de microalgas:

La Fig. 1 presenta los cambios temporales de las microalgas presentes en la laguna constituyendo

Euglena sp. y *Chlorococcum* sp. las especies más relevantes para el período estudiado; en forma ocasional y con muy baja abundancia se registró *Scenedesmus quadricauda*. En general, la concentración de algas se mantiene en un nivel bajo si se compara con el día 1 en donde existe un claro predominio de *Euglena* sp. o con otros momentos de la laguna en los cuales se registró 1.2 gr peso seco/l (Domínguez et al 1991).

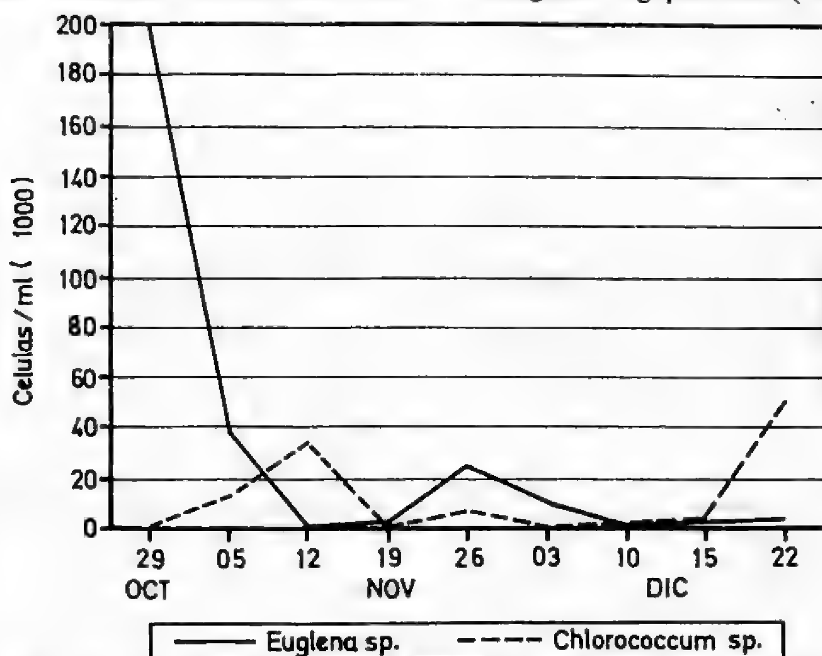


Fig. 1. Cambios temporales de las microalgas de la laguna de estabilización de Casablanca.

Referente a la actividad fotosintética (Fig.2) estimada por incubación en laboratorio de muestras de agua en una gradiente de irradiancia, compuestas por *Chlorococcum* y por una mezcla 1:1 *Chlorococcum*: *Euglena* (Días 1 y 3), se observa que la irradiancia saturante para ambas especies es de 150 a 200 µEs/m²seg. La fotoinhibición, se produce por sobre 350 µEs/m²seg, reduciéndo la actividad fotosintética entre un 10% y un 20% cuando la irradiancia alcanza los 700 µEs/m²seg. Por estas razones puede considerarse, por comparación con los procesos que ocurren bajo 200 µEs/m²seg, que la actividad fotosintética es relativamente constante en el rango de 200 a 700 µEs/m²seg.

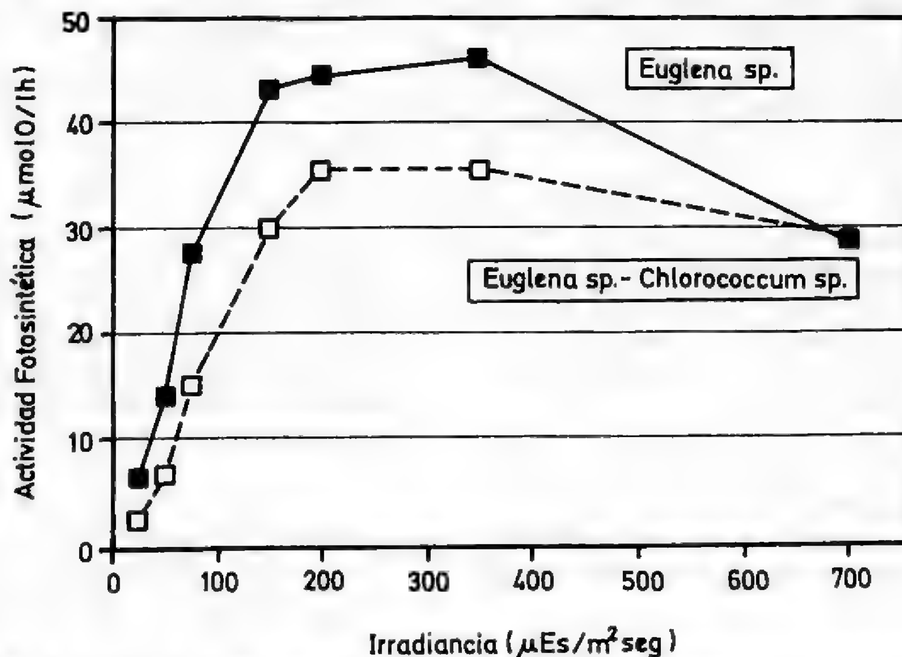


Fig. 2. Relación entre actividad fotosintética e irradiancia de las microalgas de la laguna de estabilización de Casablanca.

b) Caracterización ambiental de la laguna:

La Fig. 3 presenta las variaciones horarias de temperatura y de oxígeno para cuatro estratos durante los días estudiados. En la figura se observa que:

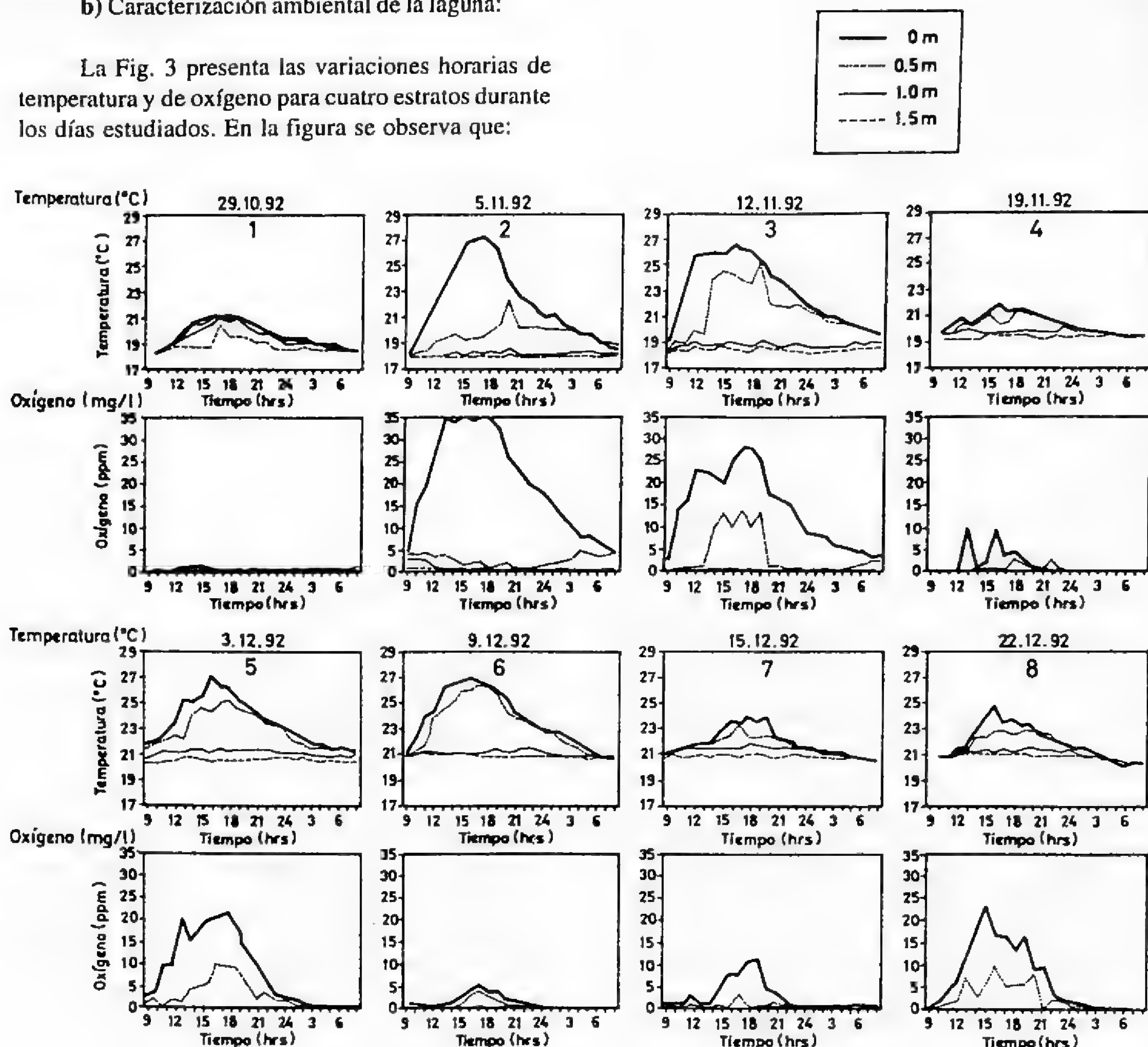


Fig. 3. Variaciones horarias de temperatura y oxígeno, para los días que se indican, en la laguna de estabilización de Casablanca.

*) Temperatura: Durante los días 2, 3, 5 y 6 los niveles de temperatura del estrato de 0 m presentan una amplia variación térmica (alrededor de 7°C), alcanzando una temperatura máxima de 27°C. En cambio, durante los días 1, 4, 7 y 8 la amplitud de la fluctuación sólo es de 2 a 3°C.

El estrato de 0.5 m, en general, sigue la tendencia del estrato de superficie, en tanto que los estratos de 1.0 m y 1.5 m son más conservativos, no siendo afectados sustancialmente por los cambios térmicos que ocurren en superficie.

Es de destacar la alta variabilidad térmica de la laguna al desarrollar termoclinas diarias que se localizan entre 0.5 y 1.0 m. Esto significa que, durante el período estudiado, la laguna normalmente está estratificada cuando los días presentan alta irradiancia, situación que también se produce, aunque de forma más atenuada durante los días nublados; por la noche se tiende a la homogeneización térmica de la columna la que no siempre se completa.

*) Oxígeno disuelto. El contenido de oxígeno disuelto en la columna de agua puede ser considerado como un indicador del nivel de mezclas verticales que experimenta la columna de agua. Cuando la zona fótica es reducida (como es el caso, según se verá más adelante) el aporte de oxígeno y su grado de penetración puede ser atribuído a la acción mecánica que ejerce el

viento sobre las aguas. En este caso, queda en evidencia que la oxigenación de las aguas compromete principalmente al estrato de 0 m y sólo ocasionalmente al estrato de 0.5 m., lo que implica que la columna de agua presenta una resistencia térmica alta que impide la mezcla; este fenómeno viene a respaldar la idea de estratificación permanente de la laguna.

Cabe señalar que los altos valores registrados en algunos días, que se encuentran por sobre los estándares de sobresaturación, pueden deberse a una sobre estimación atribuible al oxímetro; sin embargo, mediciones paralelas usando el método de Winkler indican también sobresaturación lo que valida los registros.

De los antecedentes expuestos se puede establecer la existencia de dos unidades funcionales definidas, una de ellas, por los dos estratos de superficie y, la otra, por los dos estratos de profundidad; estas unidades podrían indiferenciarse sólo cuando se produce la homogeneidad térmica.

c) Relación irradiancia/pH:

La Fig. 4 muestra las curvas diarias de irradiancia quedando en evidencia, como tendencia general, que la profundidad de penetración de la luz no supera los 0.5 m de profundidad, por tanto la zona eufótica es muy reducida. Además, se observa que durante dos días (4 y 7) la irradiancia no alcanza los niveles de saturación de las microalgas (200 μEs/m^{2}seg), coincidiendo con la presencia de días nublados.

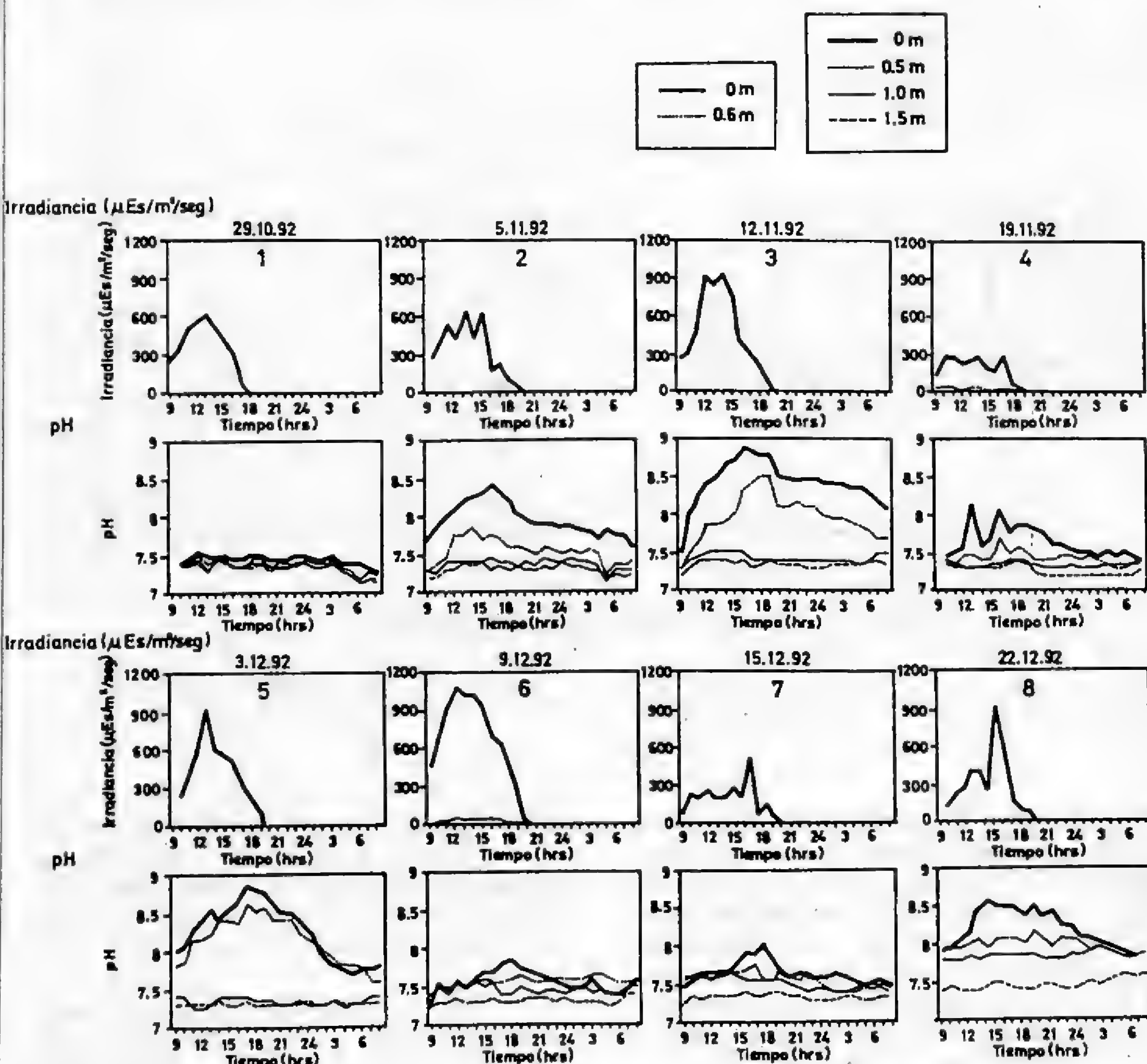


Fig. 4. Variaciones horarias de irradiancia y pH, para los días que se indican, en la laguna de estabilización de Casablanca.

Las variaciones horarias de pH (Fig.4) del estrato superficial son amplias (7.3-8.8) durante los días 2, 3, 5 y 8, a diferencia de los días restantes en donde son más atenuadas (7.3-8.0). Estas variaciones comprometen al estrato de 0.5 m, pero los estratos 1.0 y 1.5 no experimentan cambios de consideración, conservándose un valor cercano a 7.3 que corresponde al pH del crudo en el afluente.

Además, cuando ocurre una variación importante de pH (días 2, 3, 5 y 8), los máximos se encuentran desfasados por un lapso de tiempo de alrededor de 2-3 hrs con respecto del máximo de irradiancia. En todos los casos, la recuperación del estado base de pH (en este caso 7.3) es lenta, desarrollándose este proceso en el transcurso de la noche.

En general, una curva de radiación que se desarrolla en un tiempo no superior a 12 hrs (horas de luz), genera una curva equivalente de pH en el estrato de 0 m que se expresa en un lapso de 24 hrs o más. La relación existente entre la irradiancia media diaria y el pH medio correspondiente del estrato de 0 m, se establece en la regresión lineal entre ambas variables (Fig.5).

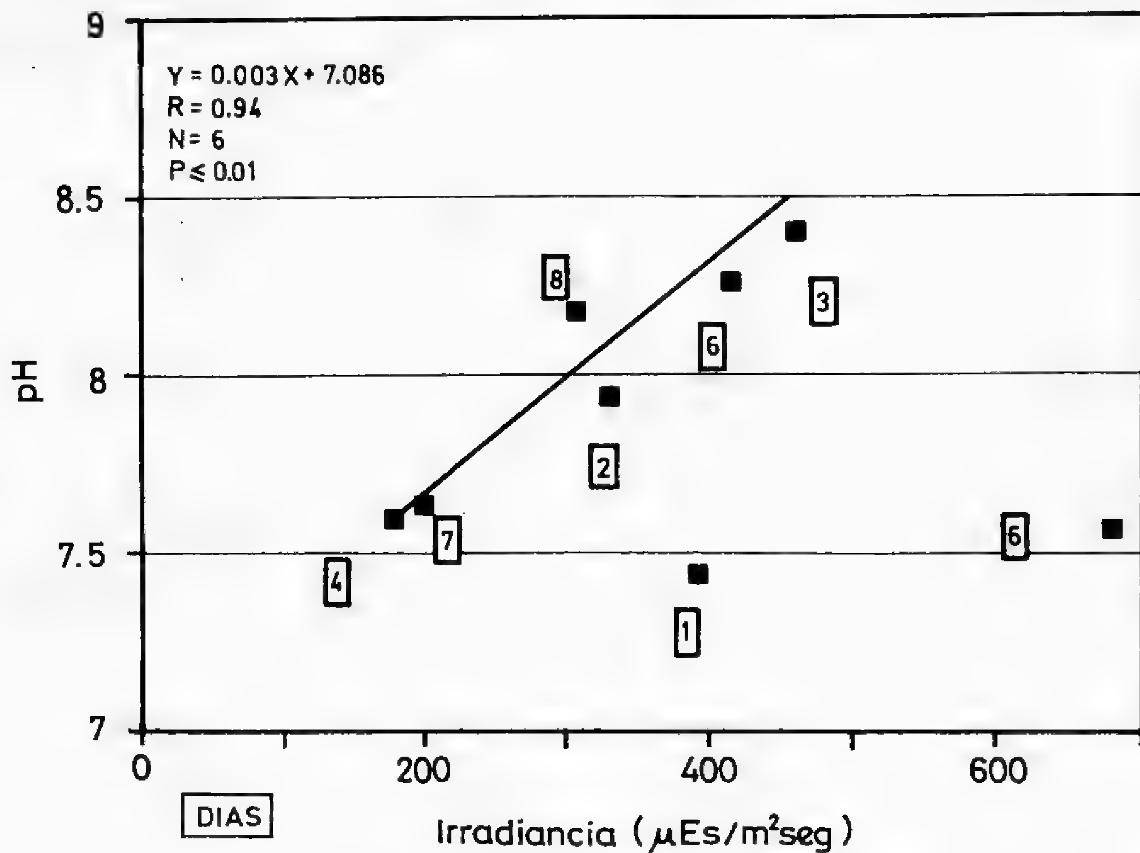


Fig. 5. Regresión entre pH medio e irradiancia media subacuática (0 m)

En la figura se observa una recta significativa cuando se excluye del análisis los días 1 y 6. El día 6 fue descartado por cuanto existe escasez de algas (Fig.1) y por lo tanto no debería esperarse una variación del pH, aún cuando existe un nivel de irradiancia saturante. En cambio en el día 1, a pesar de existir un nivel de irradiancia adecuado y un nivel significativo de microalgas (Fig.1), el pH se mantiene constante en todos los estratos, lo que es indicativo de una actividad fotosintética disminuída de las microalgas. Como esta muestra, al ser incubada para estimar la actividad fotosintética (Fig.2), proporcionó una buena respuesta, una explicación para el fenómeno sería que las algas habrían ocupado espacios que quedan por debajo de la zona eufótica (> 30 cm) por lo que la actividad fotosintética sería mínima.

La correlación entre la abundancia de microalgas y los promedios diarios de pH, sin considerar los días 1 y 6, es no significativa, lo que deja entrever que la concentración de las microalgas, como factor de inducción de un cambio de pH, no es tan clara. Sin

embargo, como durante el período estudiado hubo escasez de algas, según se indicó anteriormente (Fig.1), se puede inferir que se requeriría de una masa mínima de microalgas para desencadenar el cambio de pH; es probable que cuando las abundancias algales sean más importantes, podría establecerse una relación más estrecha con las variaciones de pH.

d) Reducción de microorganismos:

Habiéndose demostrado la existencia de dos unidades funcionales: una superficial (que incluye los estratos 0.5 y 0 m) que es altamente variable en cuanto temperatura, radiación y pH y otra profunda (que incluye los estratos 1.5 y 1.0 m) que es más conservativa, se podría pensar que los procesos de depuración deberían tener diferente intensidad según ocurran en una u otra unidad.

Aunque la hipótesis de trabajo sustenta que los niveles de depuración microbiológica son dependientes de las variaciones de pH que ocurren en la laguna, hay que tener presente que los microorganismos pueden experimentar una mortalidad natural que se produciría al abandonar el tracto digestivo. Por esto, es necesario evaluar la magnitud de esta reducción natural para estimar el nivel de reducción atribuible a un efecto del pH.

La reducción natural de coliformes fecales observada en condiciones de laboratorio indican una mortalidad no superior a un 2.5% durante 24 horas. La Tabla 1 presenta los cambios de recuento de coliformes para los días estudiados, recolectados en aguas superficiales y profundas, en el transcurso de 24 horas.

TABLA 1. CAMBIOS DE RECUENTOS DE COLIFORMES FECALES DURANTE 24 H EN SUPERFICIE Y FONDO EN LA LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CASABLANCA (LOG NMP/100 ML).

	0.2 m.			1.2 m.		
D	0 h	12 h	24 h	0 h	12 h	24 h
1	5.34	5.11	5.38	5.73	5.54	5.73
2	5.38	3.36	4.23	4.80	5.23	5.38
3	5.44	4.44	4.54	4.90	5.54	5.23
4	4.38	5.04	4.90	5.34	5.04	5.23
5	5.11	4.36	5.25	5.11	5.38	6.20
6	5.14	5.04	5.73	5.25	5.54	5.11
7	5.11	5.38	4.90	4.90	5.54	5.38
8	5.04	4.11	4.51	4.51	4.66	4.90

Como se señaló anteriormente la actividad fotosintética de las algas se hace constante cuando la irradiancia supera los 200 µEs/m²seg (Fig.2) de manera que, descartando del análisis los días 1 y 6 por las razones ya expuestas (Fig.1), se puede considerar que las condiciones diarias bajo las cuales ocurre la reducción de coliformes serían homogéneas.

Al efectuar las correcciones de mortalidad natural a los registros presentados en la Tabla 1, las diferencias de medias (t de Student) entre las muestras recolectadas en el estrato profundo son no significativas, lo que estaría demostrando que este estrato no participa en los procesos de depuración.

Con respecto al estrato superficial habría que tomar en cuenta que, aunque presenta una mayor variabilidad de pH que el profundo, existen días en los cuales prácticamente se mantiene inalterable. Al descartar los días 1 y 6 (Fig.5), las diferencias de medias para los días restantes son significativas ($P \leq 0.01$) entre las horas 0 y 12 y entre las horas 0 y 24, lo que no ocurre entre las horas 12 y 24.

A partir de estos resultados se puede deducir que en la unidad de superficie ocurre una reducción de coliformes fecales, siendo más efectiva durante los días con irradiancia superior a 200 µEs/m²seg; durante la noche, prácticamente no habría depuración. Sin embargo, si bien estas reducciones son estadísticamente significativas, no lo son desde un punto de vista microbiológico por cuanto la reducción no supera dos órdenes de magnitud.

DISCUSION

Las variaciones de pH constituyen un factor relevante en la reducción de coliformes fecales y tienen su origen en la actividad fotosintética de las microalgas, sin embargo no es posible calificarlo como depuración por cuanto este proceso implica una reducción significativa y mantenida en el tiempo del número de coliformes fecales.

Como la zona eufótica de la laguna no sobrepasa los 0.5 m de profundidad, debido a la alta concentración de materia orgánica particulada y de microalgas, la proyección de los cambios de pH hacia los niveles más profundos de la laguna, sólo puede llevarse a cabo bajo una condición de isotermia de la columna de agua. La energía necesaria para generar este fenómeno de mezcla proviene principalmente del efecto mecánico del viento que, al impactar sobre el espejo de agua, origina corrientes y turbulencias (Reynolds 1984).

La existencia de una termoclina diaria reduce este efecto a la zona epilimnética (volumen de agua que se localiza por sobre la termoclina), ya que bajo estas condiciones la mezcla vertical de toda la columna de agua es improbable, quedando aislado el estrato hipolimnético. Esto implicaría que la laguna, como unidad depuradora, quedaría reducida al estrato epilimnético y, más aún, es probable que quede restringida a la zona eufótica; en consecuencia su capacidad de reducir el número de coliformes disminuiría al menos en un 50%, si se tiene en cuenta que la relación entre epi e hipolimnio es 1:1. La ausencia de reducción de coliformes fecales registrada en el hipolimnio viene a avalar esta interpretación.

Como la reducción de coliformes en la laguna se produce a nivel epilimnético y la estratificación térmica impide que las aguas superficiales desciendan, al localizarse los ductos de ingreso y de salida de agua bajo la termoclina, la efectividad de la laguna como unidad depuradora va a depender de la posibilidad que tengan las aguas hipolimnéticas de ascender hacia la zona activa del reactor. Como la cantidad de coliformes fecales que se registran en el epilimnio en dos mañanas sucesivas luego de haber ocurrido reducción de coliformes durante el día es prácticamente la misma (Tabla 2), hay que aceptar que la mezcla efectivamente ocurre.

Las explicaciones para este fenómeno podrían ser tres:

Una primera explicación es que la mezcla total sería posible durante la noche cuando la columna de agua tiende a una condición isotermal, pero ésta es poco probable que ocurra debido a la baja intensidad o ausencia de brisas nocturnas que caracterizan el clima de la zona.

Una segunda explicación sería el hecho de que el ducto del afluente, al incorporar agua lo hace en forma intermitente y con ascenso de grandes burbujas de aire que romperían la termoclina, favoreciendo la mezcla vertical. Este proceso ocurriría durante todo el día, pero su efecto quedaría restringido al rango de acción de la pluma en el sector NE de la laguna.

Finalmente, los procesos de mezcla pueden ser explicados como consecuencia de fenómenos advectivos que ocurrirían a una escala espacio-temporal inferior a la considerada en el presente trabajo. Las heterogeneidades térmicas que se producen entre pequeñas masas de agua generan corrientes de agua causando advección, tal como ha sido señalado para zonas litorales de lagos y embalses (Imberger 1985).

En todo caso, el grado de mezcla que ocurre en la laguna es parcial y para aceptar cualesquiera de las posibles explicaciones, se requiere de un estudio más acabado respecto de los procesos hidrodinámicos que ocurren en la laguna, sobre lo cual existe escasa información (Galindo et al 1989).

Uno de los puntos más llamativos es el lento decremento del pH que ocurre durante la tarde, cuando los niveles de irradiancia aún son adecuados para que las algas sustenten una actividad fotosintética óptima. Bajo estas condiciones debería esperarse un incremento concomitante del pH, o al menos, mantención de un nivel en el tiempo.

Como esto no ocurre, es probable que, aún cuando los niveles de fotoinhibición no se hayan alcanzado, los fotosistemas se saturen cuando la actividad fotosintética es sostenida ocasionando un estrés fisiológico en las algas (Dokulil 1984); al disminuir la tasa fotosintética, el equilibrio del sistema carbonato-bicarbonato podría recuperarse en forma lenta, proceso que se detecta a partir de unas dos a tres horas de alcanzado el máximo de irradiancia y que se prolonga durante la noche.

Una posible consecuencia del estrés fisiológico podría ser una sedimentación masiva de algas que abandonarían la zona eufótica. Si este fenómeno es acompañado por una estratificación y ausencia de vientos durante un período prolongado, las algas podrían ocupar el hipolimnio y ser arrastradas hacia el efluente con la consecuente pérdida de una masa algal importante, pudiéndose afectar la capacidad depuradora de la laguna. Es de destacar que en muchas ocasiones durante las actividades de terreno se han detectado desplazamientos masivos de microalgas, tanto en sentido vertical como horizontal, lo que podría tener una fuerte incidencia en la eficiencia del proceso de reducción de coliformes por parte de la laguna. Literatura sobre estos desplazamientos de algas en lagunas de estabilización, no existe.

Como el período estudiado se caracterizó por una baja concentración de algas, el efecto que ejerce la abundancia de las algas sobre las variaciones de pH no ha sido posible de evaluar, pero se puede inferir de que, al menos, se requiere de una masa crítica de algas para inducir el cambio.

En conclusión, se podría señalar que la capacidad para reducir coliformes fecales de la laguna radica en la zona fótica y el efecto se podría proyectar hasta

el límite de la termoclina. Este fenómeno es favorecido principalmente por la acción mecánica del viento y sería más efectiva en la medida en que las posibilidades de mezcla sean favorecidas.

Por último, la laguna estaría operando como un sistema anaeróbico, ya que posee una zona eufótica estrecha y un amplio estrato anaeróbico que prácticamente abarca toda la columna de agua. Esta situación puede ser consecuencia de que la carga orgánica que recibe sea muy superior a la considerada en el diseño de construcción.

CONCLUSIONES

1.- Las especies dominantes presentes en la Laguna de estabilización de aguas servidas de Casablanca para el período comprendido entre 29.10.92 al 22.12.92 son *Euglena* sp y *Chlorococcum* sp; estas especies se presentan en baja concentración. Su actividad fotosintética dentro del rango de irradiancia saturante (200-600 $\mu Es/m^2 seg$) se puede considerar constante.

2.- La laguna, desde un punto de vista funcional, opera como dos unidades independientes durante el día (epilimnio e hipolimnio), ya que presenta estratificación térmica durante el día y gran parte de la noche, con una termoclina que se localiza a 0.7 m. Los períodos de mezcla son ocasionales y sólo comprometen a la superficie por lo que la columna de agua es prácticamente anóxica.

3.- Los cambios de pH que se generan en la laguna son proporcionales a los niveles de irradiancia siempre que exista un nivel mínimo de algas. Cuando la irradiancia es inferior a 200 $\mu Es/m^2 seg$, no se genera respuesta. No se logró establecer la importancia de la cantidad de algas en la inducción de la respuesta de pH.

4.- La reducción de coliformes fecales es efectiva en el epilimnio cuando las variaciones de pH son significativas; en el hipolimnio no ocurre este proceso. Desde un punto de vista microbiológico los niveles de reducción no puede ser considerados como depuración.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa de Obras Sanitarias ESVAL-V, en especial al Ing. Sr, Luis Riveros G., por las facilidades otorgadas para realizar esta investigación en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Casablanca y al Sr. Guillermo Rojas, Encargado de la Planta por su buena disposición y ayuda oportuna durante la realización de este trabajo. Al Prof. Victor Dellarossa S., del Departamento de Botánica de la Universidad de Concepción su valiosa y desinteresada ayuda en las evaluaciones de la actividad fotosintética de las microalgas. A la Prof. Angélica Carvajal por las determinaciones taxonómicas y recuento de microalgas. Al Prof. José Rubio V., del Departamento de Matemáticas y Computación de la Universidad de Playa Ancha por la revisión de los aspectos estadísticos. A la Sra. Carmen Tobar, la confección de las figuras.

REFERENCIAS

A.P.H.A.1980. Standard Methods for the examination of water and waste-water. New York.

CABRERA,S. & V.MONTECINO.1987. Fotosíntesis y cultivo masivo de microalgas. Invest.Pesq. (Chile), 34:155-163.

CANAVOS,G.1987. Probabilidad y Estadística: Aplicaciones y Métodos. México. McGraw-Hill.

CARVAJAL,A.1983. Distribución espacio-temporal del fitoplancton de la laguna El Plateado. Tesis Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

CASTILLO,G., R.THIERS, B.TRUMPER & J. CASTILLO.1989. Variaciones estacionales y eficiencia microbiológica en lagunas de estabilización. VIII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

DELLAROSSA,V.1987. Producción primaria en los lagos costeros de la VIII Región. Tesis Magister U.de Concepción. Concepción Chile.

DOESTCH,P.N. & T.M.COOK.1973. Introduction to bacteria and their ecobiology. Baltilmore M.D. University Parr Press.

DOKULIL,M.1984. La influencia de la luz en la fotosíntesis. En: Embalses, Fotosíntesis y Productividad Primaria, 111-121. Ed. N. Bahamonde y S. Cabrera. Universidad de Chile.

DOMINGUEZ,P. , B. PRADO, M. HERNANDEZ, M. RIVADENEIRA & N.ARAYA.1991. Producción de proteínas en Lagunas de Estabilización. Biología Acuática (15) - Notas Científicas RAL 91: 120-121.

ESPINA,L., L.CERDA, A.VELOZ, J.MATURANA & L.TORRES.1981. Planta piloto de electrólisis de aguas servidas. IV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 3: 14-31.

GALINDO,R., A.ANDRADE & A.MUÑOZ.1981. Tratamiento químico-coagulante de efluente de laguna de estabilización. IV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 3: 32-52.

GALINDO,R., P.DEANTAS, G.SIMPSON, A.GALLARDO & R.CUADRA.1989. Evaluación de algunos factores relevantes para el diseño de lagunas de estabilización. VIII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Serena, Chile.

GALLARDO,A.1989. Investigación en lagunas de estabilización de Casablanca como sistema depurador de microorganismos patógenos. Tesis. Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile.

IMBERGER,J.1985. Thermal characteristics of standing water: an illustration of dynamic processes. Hydrobiologia 125: 7-29. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht.

I.N.E.1992. XVI Censo Nacional de Población y Vivienda. Abril. Resultados Preliminares. Santiago, Chile

LOPEZ,R.1984. El Carbono inorgánico en medio acuoso. En: Embalses, Fotosíntesis y Productividad Primaria, 99-103. Ed. N. Bahamonde y S. Cabrera. Universidad de Chile.

OSWALD,W.J.1988. Micro-algae and waste-water treatment. pp. 305-328. In: Micro-algal Biotechnology. M. A. Borowitzka & L.J. Borowitzka Eds. Cambridge University Press.

PERRETTA,F. & N.CABRERA.1987. Estudio de la mortalidad de coliformes fecales en lagunas de estabilización. VII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 671-679.

PIEBER,M., S.CONTRERAS & J.TOHA.1981. Purificación de aguas servidas por método electrolítico. IV Congreso de Ingeniería Sanitaria 1-9.

RAMIREZ,S., M.VILLARROEL & M.C.DIEZ.1985. Control físico-químico del sistema de tratamiento de aguas servidas de Pucón. IV Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1-30.

REYNOLDS,C.S.1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press.

RICHARDSON,K.1984. Fisiología del fitoplancton. En: Embalses, Fotosíntesis y Productividad Primaria, 123-126. Ed. N. Bahamonde y S. Cabrera. Universidad de Chile.

SAENZ,R.1990. Posibles medidas para controlar o atenuar el deterioro de la calidad microbiológica de los recursos hídricos en la América Latina y el Caribe. Ingeniería Sanitaria, 44 (1-2): 74-85.

SANCHEZ,A. & C.VARGAS.1972. Puesta en marcha y primera etapa de experimentación en laguna de estabilización de Melipilla. Sección Sanitaria. Depto. de Obras Civiles, Tesis Universidad de Chile.

UNDA,F., J.MATURANA & L.ESPINA.1984. Planta Experimental sediplaca para el tratamiento de aguas servidas con recirculación de lodos. XIV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental 1: 197-225.

VARGAS, C. & X.COOPMAN.1977. Manual de operación para Lagunas de Estabilización. II Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria. Santiago, Chile.

VILLARROEL, M., S.RAMIREZ, N.PINTO & C.PACHECO.1985. Evaluación microbiológica del funcionamiento de la laguna de estabilización de Pucón. VI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1-43.

YANEZ,F.1983. Manual de Métodos Experimentales; Evaluación de Lagunas de Estabilización. CEPIS. Serie Técnica N° 24.

YANEZ,F.1984. Reducción de organismos patógenos y diseño de lagunas de estabilización para países en desarrollo. XIX Congreso Interamericano de AIDIS, Santiago, Chile.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 17-25, 1994

EFECTO DE LAS VARIACIONES DE IRRADIANCIA SOBRE LA MORTALIDAD DE COLIFORMES FECALES EN UNA LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CASABLANCA (VALPARAISO, CHILE).[1]

PATRICIO E. DOMÍNGUEZ[2,3], MILENA R. RIVADENEIRA[4] Y BERNARDO PRADO[4]

ABSTRACT

Enteric bacteria decay in a waste-water stabilization pond could be produced by irradiance variations, because photosyntetic activities induce pH variations and, consequently, fecal coliform decay.

The objectives are: 1) Estimate residence time of water. 2) Stablish irradiance levels of waster-water pond throughout residence time of water. 3) Estimate composition and abundance of microalgae and 4) Evaluate fecal coliform decay by irradiance variations through residence time.

The results are: 1) Theorical residence time was about two weeks when waste-water pond was stratified. 2) Irradiance registered in Viña del Mar was a good stimation of irradiance in Casablanca. 3) Dominant microalgae were *Chlorococcum* sp. and *Euglena* sp. only on the first three weeks. 4) Fecal coliform bacteria decay detected was its natural mortality.

Key Words: Waste-water, stabilization, ponds, fecal coliform decay, waste-water phytoplankton.

INTRODUCCION

Entre las causales de decaimiento de coliformes fecales en una de las lagunas de estabilización de aguas servidas de Casablanca (N°2), Domínguez et al. (1994) han señalado la existencia de una relación directa entre las variaciones diarias de pH, generadas por la actividad fotosintética, y la mortalidad de coliformes fecales bajo condiciones de alta irradiancia, toda vez que exista una masa mínima de algas capaz de generar un cambio de pH. Esto es consecuencia de que las microalgas utilizan principalmente HCO_3^- como fuente de carbono, por lo cual la actividad fotosintética constituye uno de los principales factores alteradores del equilibrio del sistema CO_2- carbonato- bicarbonato. Esta laguna se caracteriza por presentar una alta variabilidad térmica que favorece el establecimiento de termoclinas diarias localizadas entre 0.5 y 1.0 m de profundidad, quedando impedida la mezcla de la columna de agua. Las altas concentraciones de oxígeno en superficie (hasta 10-15 cm) y la oxigenación ocasional de las aguas más profundas indican que la cantidad de energía eólica no es suficiente para romper la alta resistencia térmica de la columna de agua.

Domínguez et al, 1994 concluyen la existencia de dos unidades funcionales: una zona superficial, donde ocurre reducción de coliformes fecales como consecuencia de los cambios diarios de pH y otra zona profunda, más conservativa, en donde no hay reducción; ambas zonas no podrían diferenciarse cuando la columna de agua alcanza una homogeneidad térmica.

Ante esto, cabe preguntarse acerca de la eficiencia que presenta la laguna como sistema depurador en el largo plazo. Esta unidad puede ser considerada como un depósito a través del cual constantemente fluye agua, de manera que los procesos de depuración deberían ser dependientes del tiempo de residencia de la masa de agua en el depósito y de la frecuencia con que ocurren variaciones importantes de pH durante ese tiempo. Si la depuración es efectiva, se debería registrar una disminución de la concentración de coliformes fecales en el efluente respecto del afluente.

Sin embargo, hay dos factores a considerar para evaluar la efectividad del decaimiento de coliformes

[1] Proyecto CNE 399293 Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación.
[2] Laboratorio de Hidrobiología. Universidad de Playa Ancha deCiencias de la Educación. Casilla 34-V. Chile.
[3] Laboratorio de Ecología. Universidad Católica de Valparaíso. Casilla 4059. Valparaíso. Chile.
[4] Universidad Técnica Federico Santa María. Sede Viña del Mar. Casilla 920. Viña del Mar. Chile.

durante el tiempo de residencia de las aguas en el depósito:

a) que en forma continua se está incorporando una cantidad de coliformes fecales que puede ser mayor, igual o menor a la concentración de éstos en el efluente, y

b) que las bacterias entéricas experimentan una mortalidad natural al abandonar el tracto digestivo e ingresar a la laguna, lo cual no sería consecuencia de los procesos que ocurren al interior de la laguna.

Basado en los antecedentes expuestos, la hipótesis que se somete a prueba postula que el nivel de reducción microbiológica durante el período de residencia de las aguas en la laguna sería proporcional a la frecuencia de días con irradiancia saturante para las microalgas, que hace variar la actividad fotosintética y, consecuentemente, el pH.

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto de las variaciones de irradiancia durante el tiempo de residencia sobre la mortalidad de coliformes fecales en la laguna 2 de la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Casablanca.

Los objetivos específicos son:

1.- Estimar el tiempo de residencia de las aguas en la laguna.

2.- Establecer los niveles de irradiancia que afectan a la laguna de estabilización durante el tiempo de residencia de las aguas.

3.- Estimar los cambios en composición y abundancia de las microalgas.

4.- Evaluar los niveles de reducción de coliformes fecales por efectos de las variaciones de irradiancia durante el tiempo de residencia de las aguas.

MATERIAL Y METODOS

El trabajo fue realizado entre el 23 de octubre y el 18 de diciembre de 1992 en la laguna 2 de la Planta de tratamiento de Aguas Servidas de Casablanca. Esta laguna tiene una superficie de 100 * 100 m y 1.5 m de profundidad lo que permite un volumen máximo de operación de 19.000 m3. Los detalles técnicos han sido entregados por Galindo et al., 1989.

El diseño experimental contempló dos muestras microbiológicas que fueron recolectadas en el afluente y efluente respectivamente, con un intervalo de una semana, intentando cubrir el tiempo de residencia del agua en la laguna (Galindo et al 1989); este procedimiento se repitió durante ocho semanas. Paralelalemente, se confeccionó los perfiles diarios de irradiancia y se estimó la mortalidad natural de bacterias coliformes fecales en condiciones de laboratorio. El diseño se complementó con un registro semanal de microalgas.

1) Tiempo de residencia del agua en la laguna. Para estimar el período de residencia de las aguas en la laguna 2 fue necesario conocer el caudal que ingresa a ella. Como se conoce el volumen del crudo que impulsan las bombas elevadoras hacia una cámara de distribución y los diámetros de los ductos de entrada a las lagunas, se pudo medir el caudal que va hacia la laguna 1 con un correntómetro Hydro-Bios Modelo 438 110 que se colocó dentro del ducto. Por diferencia se estimó el caudal que ingresa a la laguna 2.

2) Nivel de irradiancia. Los registros de irradiancia macroclimáticos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico de la Armada de Chile (Base Torquemada, Viña del Mar).

Debido a la ubicación y distancia de la Estación Meteorológica respecto de Casablanca, se realizó una serie de salidas a terreno tendientes a: a) establecer el grado de correlación entre los perfiles diarios de irradiancia en Casablanca y la Estación Meteorológica, y b) determinar un factor de proporcionalidad entre la irradiancia medida en el aire y bajo agua, para predecir el nivel de irradiancia que ingresa a la capa eufótica de la laguna cuando sólo se conoce la irradiancia de la región.

Para la obtención de los perfiles de irradiancia en Casablanca, tanto de aire como subacuática, se realizó 12 salidas diarias entre el 1 de septiembre y el 22 de diciembre de 1992. Los registros de irradiancia en aire se hicieron cada media hora, en tanto que los subacuáticos cada una hora. En ambos casos, se utilizó un fotómetro LI-COR Modelo LI-185B provisto de un sensor LI-192SB.

3) Composición taxonómica y abundancia de microalgas. La determinación taxonómica de las microalgas se hizo por observación bajo microscopio de muestra vivas y fijadas en lugol tomadas del efluente de la laguna. El recuento se hizo utilizando un microscopio invertido WILD M-40 según la técnica de Utermöhl (Carvajal 1983). Los resultados se expresaron como células/ml.

4) Reducción de coliformes fecales.

a) Curva de mortalidad en laboratorio: Para estimar la mortalidad natural de las bacterias coliformes fecales a través del tiempo, se incubó un litro de agua del afluente a 20° ± 1°C y en penumbra a fin de evitar variaciones de pH por efecto de la actividad fotosintética. La cuantificación de bacterias se realizó cada dos o tres días.

b) Niveles de reducción "in situ": Los niveles de reducción de coliformes fueron estimados considerando como intervalo de tiempo la semana o la quincena, según sea el tiempo de residencia que se considere.

Para evaluar el recuento de coliformes fecales se empleó la técnica del Número Más Probable, NMP (APHA 1980).

RESULTADOS

1) Estimación del tiempo de residencia de las aguas en la laguna.

Basado en los antecedentes proporcionados por Domínguez et al. (1994) se puede inferir que los tiempos de residencia teóricos de las aguas serían diferentes cuando la laguna se encuentra estratificada o en una condición de isotermia, prevaleciendo la primera situación respecto de la segunda.

Además, si se tiene presente que los ductos de ingreso y de salida de agua se localizan por debajo de la termoclina (hipolimnio), se podría esperar que este flujo se desplazara de un extremo a otro sin mezclarse con el estrato que queda por sobre ella (epilimnio). Como la termoclina se localiza alrededor de los 0.75 m, la relación de volumen epilimnio: hipolimnio es 1:1.

La Tabla 1 muestra los volúmenes de agua que ingresan a la laguna 2 y los tiempos de residencia teóricos para mezcla completa y para el hipolimnio. Los tiempos de residencia del epilimnio son difíciles de estimar por cuanto no es posible determinar la cantidad de agua que se intercambia. Como la laguna se encuentra estratificada, el tiempo de residencia teórico de las aguas en el hipolimnio puede considerarse cercano a dos semanas. Para efectos del trabajo se estimó que una frecuencia semanal sería adecuada para estimar los procesos de decaimiento de coliformes.

Tabla 1. Volúmenes semanales de agua y tiempos de residencia para la laguna 2 de Casablanca.

Semana	(1)	(2)	(3)	(4)
23-29 oct.	5.511.74	4.167.16	25.6	12.8
30-05 nov.	5.793.40	4.380.21	24.4	12.2
06-12 nov.	4.778.58	3.612.35	29.6	14.8
13-19 nov.	5.145.16	3.889.75	27.5	13.7
20-26 nov.	4.974.25	3.759.99	28.4	14.2
27-03 dic.	5.560.90	4.202.56	25.4	12.7
04-10 dic.	5.371.97	4.061.70	26.3	13.1
11-17 dic.	5.428.94	4.104.95	26.0	13.0

(1) Total semanal (m^3) que ingresa a la cámara de distribución. Datos proporcionados por ESVAL.
(2) Total semanal (m^3) que ingresa a la laguna 2.
(3) Tiempo de residencia teórico (días) para mezcla completa.
(4) Tiempo de residencia teórico (días) para el hipolimnio.

2) Estimación de irradiancia en la Laguna 2.

a) Grado de correlación entre los perfiles diarios de irradiancia en Casablanca y la Estación Meteorológica. La Fig. 1 muestra las curvas diarias de irradiancia (actinógrafo) durante el período estudiado y sus respectivas horas de luz según el Servicio Meteorológico y la Tabla 2 muestra las correlaciones existentes entre las irradiancias registradas en la Estación Meteorológica y en Casablanca; además, se indica la condición climática de Viña del Mar.

Tabla 2. Correlaciones entre irradiancias diarias registradas en la Estación Meteorológica y en Casablanca con su significancia y condición climática.

Fecha	r	P	Condición climática en Viña del Mar
01.09.92	0.709	$\leq$0.01	Cubierto
09.09.92	0.547	$\leq$0.05	Cubierto a Parcial
06.10.92	0.807	$\leq$0.01	Despejado
08.10.92	0.932	$\leq$0.01	Despejado
20.10.92	0.968	$\leq$0.01	Despejado
29.10.92	0.988	$\leq$0.01	Despejado
05.11.92	0.070	n.s.	Cubierto a Parcial
12.11.92	0.965	$\leq$0.01	Despejado
03.12.92	0.880	$\leq$0.01	Cubierto a Parcial
09.12.92	0.892	$\leq$0.01	Despejado
15.12.92	0.052	n.s.	Cubierto a Nublado
22.12.92	0.627	$\leq$0.01	Despejado

Del análisis de la Tabla 2 se puede deducir que en los días con nubosidad variable se presentaron las correlaciones más bajas. Esto se debería a que la nubosidad transitoria, asociada al régimen de viento, provocaría cambios intermitentes en la irradiancia y, obviamente, estas alteraciones no ocurren de manera simultánea en ambos puntos de observación. Sin embargo, el período estudiado se caracterizó por un dominio anticiclónico de manera que el número de días que presentó estas características fue bajo (Figs. 1, 2 y 3).

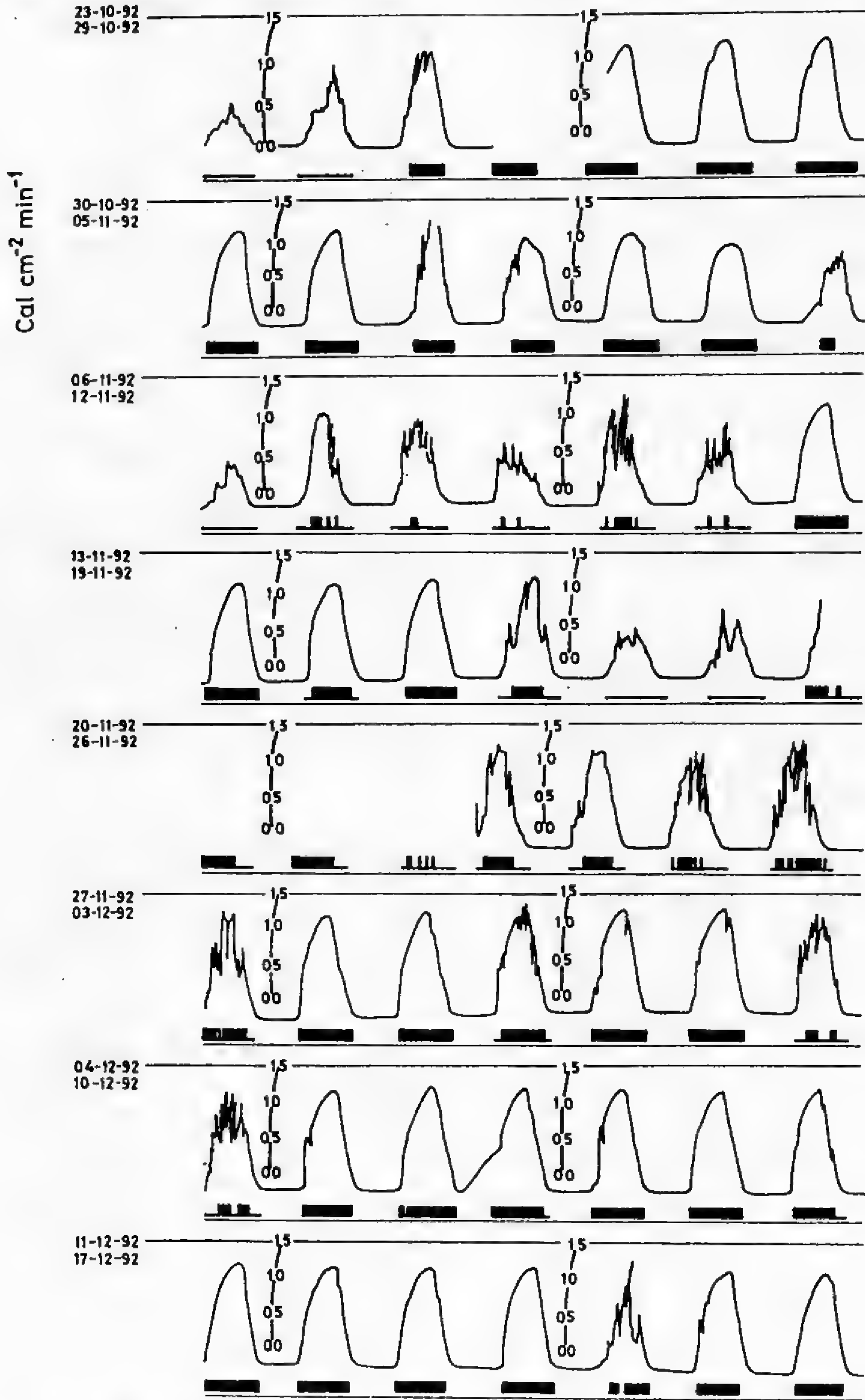


Fig. 1. Irradiancia diaria y horas de luz registradas por la Estación Meteorológica de la Armada de Chile (Base Torquemada, Viña del Mar) para el período 23 de octubre y 17 de diciembre de 1992.

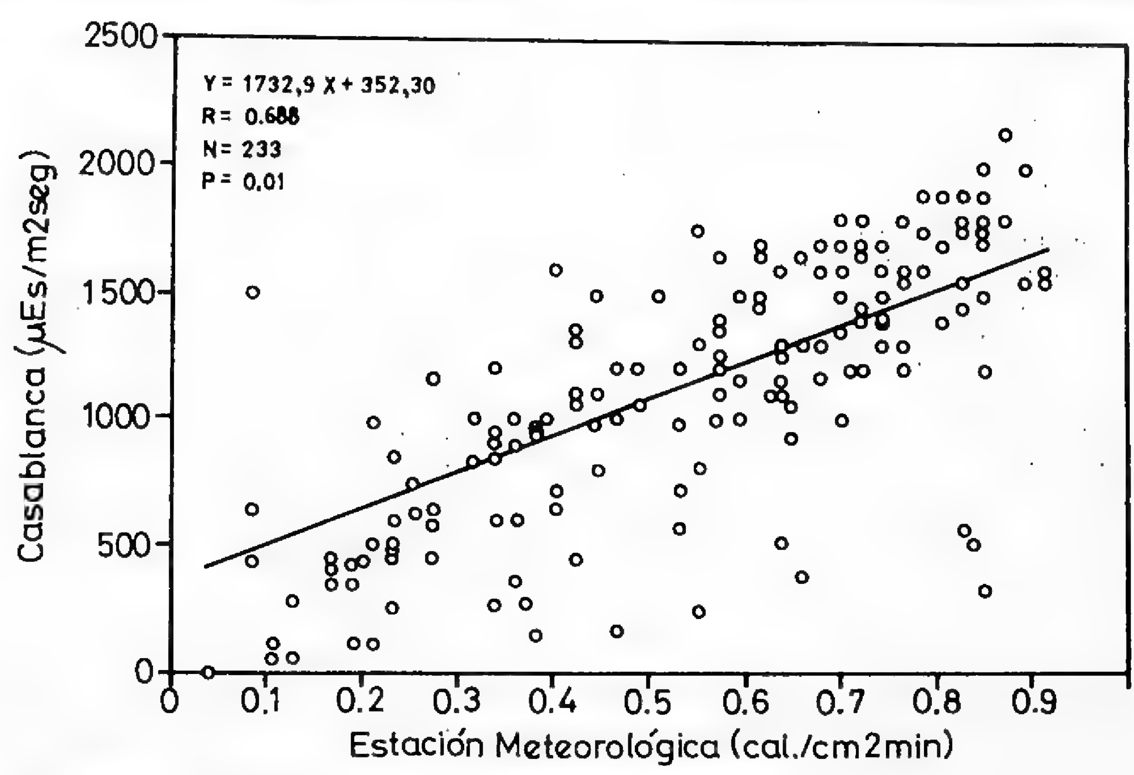


Fig. 2. Relación entre la irradiancia de la Estación Meteorológica y de Casablanca.

Fig. 3. Relación entre la irradiancia del aire y del agua en la laguna de estabilización de Casablanca.

El valor de correlación para el conjunto de las observaciones es 0.688 (P 0.01) (Fig. 2). Estos resultados permiten un buen nivel de predicción de la irradiancia de Casablanca a partir de los datos registrados en el actinógrafo de la Estación Meteorológica.

b) Relación irradiancia aire-agua. La Fig. 3 muestra la regresión lineal establecida entre los valores de irradiancia registrados simultáneamente en aire y agua (P 0,01), esto permite estimar una reducción del 43% de la irradiancia en el estrato superficial de la laguna.

Como las algas requieren 200 Es/m²seg para alcanzar la irradiancia mínima de saturación (Domínguez et al, 1994), se puede deducir que este estímulo se origina en la laguna cuando el actinógrafo de la Estación Meteorológica registra valores superiores a 0.23 cal/cm² min.

Como la hipótesis sometida a prueba postula que la mortalidad de coliformes fecales sería proporcional a la frecuencia de días con irradiancia saturante para las microalgas, interesa conocer la cantidad de días con irradiancia saturante durante el tiempo de residencia de las aguas que, según se indicó anteriormente, se estimó en un mínimo de una semana.

Para esto bastaría considerar el tiempo que permanece el estímulo saturante; vale decir, el tiempo que dura un estímulo superior a 0.23 cal/cm² min. Sin embargo, como la información del actinógrafo no está completa, se utilizó los registros del heliógrafo por cuanto genera una señal cuando la irradiancia supera el nivel de fotosaturación de las microalgas; durante los días nublados no se genera señal (Fig. 1) y tampoco se producen cambios sustanciales de pH de la laguna (Domínguez et al. 1994)

Como la escala temporal seleccionada es semanal, y si se tiene en cuenta que la cantidad de horas de luz recibida en condiciones de días despejados es de 9 horas, semanalmente debería recibirse un máximo de 63 hrs luz (Tabla 3).

Tabla 3.- Cantidad de horas de luz semanales en Viña del Mar durante el período 23.10.92 a 17.12.92.

Semana	Horas de luz
1	40.8
2	49.2
3	17.2
4	32.1
5	26.2
6	53.4
7	54.5
8	54.9

De acuerdo con esto, las semanas 2, 6, 7 y 8 deberían presentar un grado de reducción mayor que las semanas 3 y 5, ya que reciben sobre el 75% del total de irradiancia semanal.

3) Abundancias de microalgas.

En la Fig. 4 se muestran los cambios temporales de las microalgas presentes en la laguna, siendo *Euglena* sp. y *Chlorococcum* sp. las especies más relevantes por su abudancia durante el período estudiado. En forma ocasional y con muy baja abundancia se registró *Scenedesmus quadricauda*. El período estudiado se caracterizó por una baja abundancia de algas, exceptuando la altas densidades registradas al comienzo. Cabe destacar que Domínguez et al. (1991) han registrado para la laguna, una concentración de 1.2 g. peso seco/l en verano.

4) Reducción microbiológica.

La hipótesis de trabajo sustenta que la mortalidad de coliformes es dependiente de las variaciones de irradiancia y, consecuentemente del pH. Sin embargo, los microorganismos experimentan también una mortalidad natural que debe ser evaluada para estimar qué nivel de mortalidad es atribuible al efecto de la irradiancia.

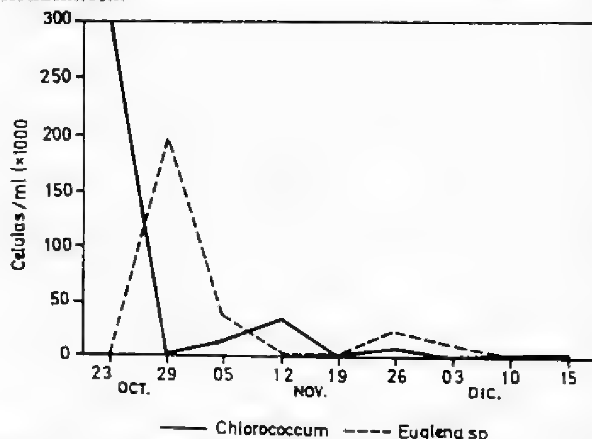


Fig. 4. Cambios temporales de las microalgas en la laguna de Casablanca entre el 23 de octubre y 17 de diciembre de 1992.

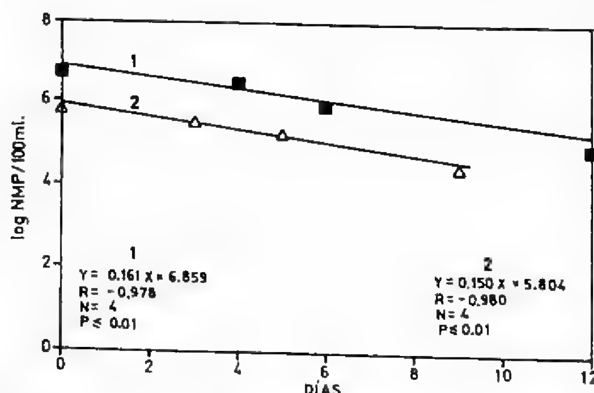


Fig. 5. Mortalidad de coliformes fecales en condiciones de laboratorio (20°C y penumbra)

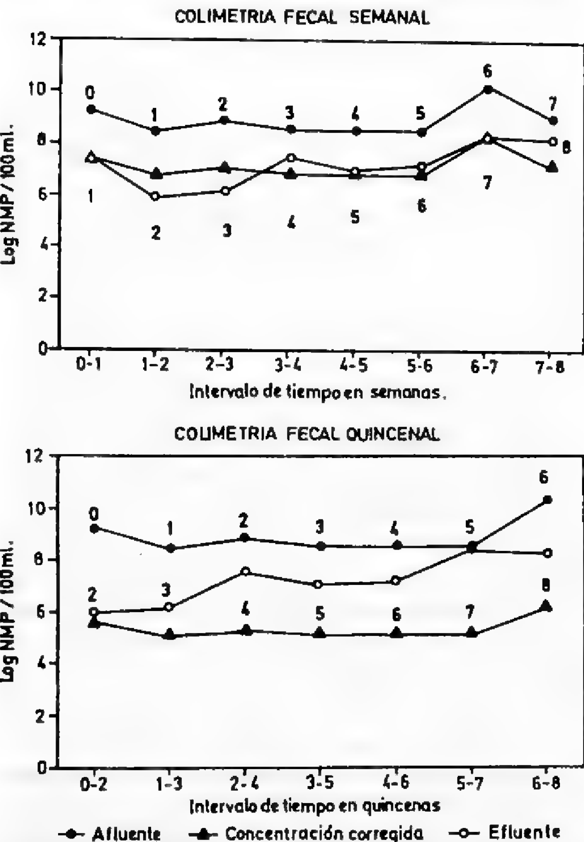


Fig. 6. Concentración de coliformes fecales en afluente y efluente y valores corregidos del efluente para mortalidad natural para un tiempo de residencia de una semana y de quince días.

La Fig. 5 muestra las tendencias de la mortalidad natural de coliformes fecales en condiciones de laboratorio, observándose una mortalidad cercana al 20% al cabo de siete días y 40% al cabo de 14 días. En la Tabla 4 se presenta los registros de concentración de coliformes fecales de afluentes y efluentes.

Tabla 4. Recuentos de coliformes fecales en afluente y efluente para los días que se indican (log NMP/100ml).

Fecha	Afluente	Efluente
23.10	9.20	***
30.10	8.36	7.34
06.11	8.85	5.90
13.11	8.54	6.11
20.11	8.48	7.45
27.11	8.48	6.95
04.12	10.20	7.15
11.12	8.95	8.23
18.12	***	8.20

Como el agua que ingresa tiene un tiempo de residencia en el hipolimnio de alrededor de 13 días (Tabla 1), la mortalidad de coliformes se puede evaluar considerando una residencia del agua de una y de dos semanas.

En la Fig. 6 se presenta la variación de la concentración de coliformes fecales en el afluente y efluente, además de los valores del efluente corregidos correspondientes a la mortalidad natural para un tiempo de residencia de una semana (20%) y de quince días (40%). Si la concentración de coliformes es inferior al valor del afluente corregido la reducción sería consecuencia de los procesos que ocurren en la laguna; cualquier valor igual o superior a la mortalidad natural implica ausencia de depuración.

De la información entregada por la Fig. 6 se deduce que la reducción registrada durante una semana corresponde a la mortalidad natural de los coliformes fecales, exceptuando la parte inicial del gráfico. Al considerar un tiempo de residencia de quince días, no se detecta reducción microbiológica, apreciándose una tendencia a igualar las concentraciones de coliformes en afluente y efluente que estaría indicando que la velocidad de ingreso de microorganismos a la laguna alcanza una velocidad mayor que a la que ocurre la mortalidad natural.

Al contrastar estos resultados con los datos de horas luz, se observa una carencia de correlación por cuanto en las semanas con mayor irradiancia, la reducción de coliformes es mínima. Sin embargo, al comparar las tendencias de la mortalidad (Fig. 6) con las variaciones de abundancia de microalgas (Fig. 4), se observa que un aumento de ésta, sería coincidente con la mayor abundancia de microalgas, lo que pondría en relieve la importancia que tendrían las algas para que el sistema opere como unidad depuradora de coliformes fecales.

Además, esto viene a indicar que bajo las condiciones actuales, la laguna está operando en forma deficiente por cuanto no es capaz de remover una cantidad de coliformes que supere sustancialmente la mortalidad natural.

DISCUSION

En general, estudios que consideren a las lagunas de estabilización como sistemas limnológicos son prácticamente inexistentes. Por esto, el aporte que hace Domínguez et al (1994) al entregar los cambios

horarios de temperatura y de oxígeno para una columna de agua durante un día es significativo, ya que permite una primera aproximación para comprender los fenómenos hidrodinámicos que ocurren al interior de la laguna.

Uno de los puntos centrales es que al conocer la magnitud de los volúmenes de agua comprometidos en la estratificación, se puede lograr mejores estimaciones de los tiempos de residencia del agua. El tiempo de residencia teórico calculado para la laguna de Casablanca por Galindo et al (1989) es de 13 días y el tiempo de retención real, utilizándose rodamina, osciló entre 5.1 a 6.3 días; pero, si bien la metodología es adecuada, los autores no hacen un análisis respecto a las condiciones térmicas que presenta la laguna en ese momento.

Como el estudio se realizó en diciembre de 1987 se puede suponer que las condiciones climáticas no deberían ser muy diferentes de las actuales durante el mismo período de tiempo, de manera que la laguna debería presentar estratificación. Si se considera una relación epilimnio: hipolimnio = 1:1, el tiempo de residencia real debería ser la mitad de aquel que presentaría la laguna cuando no está estratificada, lo que es coincidente con los resultados de Galindo et al (1989).

Debido a la posición en que se encuentran los ductos de entrada y salida en el hipolimnio se podría desarrollar un sistema de corrientes, restringido al hipolimnio, en donde el flujo principal sería una corriente directa entre ambos puntos. Es muy probable que bajo estas condiciones, el tiempo de residencia de las aguas sea inferior al estimado, siendo necesario un conocimiento más acabado del sistema de corrientes del hipolimnio para validar esta idea. Además, permitiría establecer el modelo hidráulico que mejor la describa.

Referente al rol de las microalgas, algunos modelos han pretendido encontrar una relación directa entre irradiancia y abundancia de algas (Castillo et al., 1989; Olguín, 1990). Estos modelos son biológicamente insustentables por cuanto se pretende relacionar fenómenos que ocurren a diferentes escalas de tiempo; la irradiancia varía en segundos, en tanto que el crecimiento algal ocurre en días. De acuerdo con los resultados de Domínguez et al., (1994), sólo se requeriría de un mínimo de algas para generar el cambio de pH, lo que es concordante con los resultados obtenidos en el presente estudio (Fig. 4).

Además, se ha observado en terreno que las microalgas experimentan desplazamientos tanto verticales como horizontales, de modo que uno de los problemas que presenta la evaluación de las microalgas es decidir en qué lugar de la laguna y en qué momento del día debe efectuarse la toma de muestra. Cabe señalar que el rol de las algas sobre la mortalidad de coliformes no pudo ser evaluado a satisfacción, por lo que es necesario lograr un conocimiento más acabado de los procesos advectivos que experimentan las microalgas como de los fenómenos físicos que los ocasionan.

Para estimar la irradiancia que ingresa a la laguna, Olguín (1990) trabajó con la intensidad de luz media del día asumiendo que el área bajo la curva de irradiancia solar diaria es aproximadamente igual a la intensidad media por hora de sol. Sin embargo, si se tiene presente que la actividad fotosintética sería la causal de los cambios de pH, las microalgas requerirían de un nivel mínimo de irradiancia saturante, pues el resto es un excedente de energía que el alga no aprovecha, e incluso provoca fotoinhibición.

La relación que presenta Harris (1978) entre irradiancia y porcentaje de fotoinhibición indica que a 2000 Es/m^{2}seg, la actividad fotosintética se reduce en un 40% aproximadamente, y Domínguez et al. (1994), para un gradiente de irradiancia menor, indican una relación similar. Como la irradiancia a nivel del estrato superior de la laguna no supera los 800 μEs/m^{2}seg, basado en la información entregada por ambos autores, la fotoinhibición a esta irradiancia provoca una disminución de la actividad fotosintética de un 20%, lo que indica una velocidad de fotosíntesis relativamente constante. Por ello, sería adecuado considerar la horas de luz como un estimador de la irradiancia saturante ya que, además de ser un indicador de la condición climática del día, permite una buena aproximación del tiempo de duración del estímulo saturante.

Respecto del proceso de depuración, tal como ha sido señalado por Domínguez et al (1994), ocurriría principalmente en la zona eufótica de la laguna, la cual es muy reducida. En esta zona la luz se reduce drásticamente, de manera que los niveles de irradiancia saturante (200 μEs/m^{2}seg) quedarían restringidos a una capa de no más de 10 cm de profundidad. La escasa capacidad de mezcla que tiene la laguna impide que las algas ocupen esta zona, con excepción de aquellas que presentan movimientos propios (Reynolds 1984) como *Euglena* sp.. Esto, indudablemente, reduciría la capacidad de depuración de la laguna, más aún si el agua que entra tiene un acceso restringido a la zona activa de la laguna.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones derivadas de este trabajo, realizado entre el 23 de octubre y el 18 de diciembre de 1992 en la laguna 2 de estabilización de aguas servidas de Casablanca (Valparaíso), son:

1) El tiempo de residencia teórico de las aguas es de alrededor de dos semanas cuando la laguna se encuentra estratificada y corresponde al tiempo de residencia de las aguas en el hipolimnio.

2) La Irradiancia registrada en la Estación Meteorológica Torquemada (Viña del Mar) constituye una buena estimación de la irradiancia recibida en Casablanca. La irradiancia recibida en el estrato superficial de la laguna corresponde a un 43% de la irradiancia incidente.

3) Las especies dominantes de microalgas fueron *Euglena* sp. y *Chloroccocum* sp., las cuales se encuentran en baja concentración, exceptuando las altas densidades registradas al comienzo. Se propone que las horas luz pueden ser un buen estimador de la actividad fotosintética en condiciones de saturación ($>200\ \mu Es/m^2 seg$).

4) Los niveles de mortalidad de coliformes fecales registrados corresponden a la mortalidad natural.

AGRADECIMIENTOS

A la Empresa de Obras Sanitarias ESVAL-V, en especial al Ing. Sr, Luis Riveros G., por las facilidades otorgadas para realizar esta investigación en la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas de Casablanca y al Sr. Guillermo Rojas, Encargado de la Planta por su buena disposición y ayuda oportuna durante la realización de este trabajo. Al Prof. José Rubio V., del Departamento de Matemáticas y Computación de la Universidad de Playa Ancha por la revisión de los aspectos estadísticos. A la Sra. Carmen Tobar, la confección de las figuras.

REFERENCIAS

A.P.H.A., 1980. Standard Methods for the examination of water and waste-water. New York.

CARVAJAL, A., 1983. Distribución espacio-temporal del fitoplancton de la laguna El Plateado. Tesis Instituto de Biología. Universidad Católica de Valparaíso. 31 pp.

CASTILLO, G., R. THIERS, B. TRUMPER & J. CASTILLO, 1989. Variaciones estacionales y eficiencia microbiológica en lagunas de estabilización. VIII Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Serena, Chile.

DOMINGUEZ, P., P. FORMAS, & C. LIZAMA, 1994. Efecto diario del pH sobre el decaimiento de coliformes en una laguna de estabilización de Casablanca (Valparaíso, Chile). An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22.

GALINDO, R., P. DEANTAS, G. SIMPSON, A. GALLARDO & R. CUADRA, 1989. Evaluación de algunos factores relevantes para el diseño de lagunas de estabilización. VIII Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. La Serena, Chile.

HARRIS, G. P., 1978. Photosynthesis, productivity and growth: The physiological ecology of phytoplankton. Archiv. Hydrobiol. Beih. 10: I-IV: 1-171.

OLGUIN, E., 1990. Estudio teórico de la eficiencia orgánica de una laguna de estabilización respecto de la biomasa. Tesis Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile.

REYNOLDS, C.S., 1984. The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press. 384 pp.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 27-32, 1994

ACTIVIDAD METABOLICA DE BACTERIONEUSTON HIDROFOBICO

P. GARCÍA-TELLO. J. LLANOS. M. CID, M. B. PRADO. S. NAVARRO.

ABSTRACT

Neustonic bacteria strains from littoral pools and oceanic waters were isolated in the basis of cell surface hydrophobicity. Thirty (30) strains from each sampling site were purified, and tested for: NaCl tolerance, proteolytic, amylolitic and lipolytic enzymatic activitie. Also different sugars and aromatic compounds were tested as sole carbon and energy sources. The percentage of halotolerant strains (growth of all strains on 5% NaCl) and bacteria active on all substrates tested was high (use of sugars, amylolitic, proteolytic and lipolytic enzymatic activity higher than 62%). Our results suggest a large mineralizing capacity in this group of microorganisms. No big differences were apparent between littoral pool and oceanic strains.

Keys Words: Bacterioneuston, surface film, hydrophobicity, enzymatic activity, sugars, aromatic compounds, amylolitic, proteolytic and lipolytic activity, salt tolerance.

INTRODUCCION

Bacterioneuston es un término aplicado a las bacterias asociadas a la película superficial del agua. Sin duda alguna que el bacterioneuston constituye uno de los grupos bacterianos menos estudiados. Un factor importante en su adhesión inicial a la interfase aire-agua, lo constituye la hidrofobicidad de superficie de la bacteria, (Dahlback et al., 1981). En esta película se acumulan proteínas, polisacáridos, material húmico, ceras y pequeñas cantidades de ácidos grasos o triglicéridos, nitrógeno orgánico disuelto, amonio, nitrato y fosfato (Williams 1967; Van Vleet et al., 1983), lo cual indica que en esta película, los nutrientes no serían limitantes del crecimiento bacteriano. Este grupo está en estrecho contacto con el flujo de materia orgánica que llega desde el exterior inmediato, atmósfera o aguas sub-superficiales. Parker y Barsom (1970), sugieren que muchas de las substancias que allí se encuentran son de naturaleza hidrofóbica y Hardy (1982), señala la presencia de grupos aromáticas con origen alóctono.

La presencia de este rico sustrato sugiere el desarrollo selectivo de una microflora copiotrófica cultivable de un gran potencial degradativo que participaría con propiedad en la mineralización de la materia orgánica.

La acumulación de substancias de naturaleza hidrofóbica, como lo sugieren Parker y Barsom (1970), y moléculas biológicas poliméricas tales como almidón, proteínas simples y ácidos grasos de fosfolípidos de membrana, deberían ejercer presión selectiva, estimulando el desarrollo de una bacterioflora de naturaleza hidrofóbica.

En el presente trabajo se ha ensayado comparativamente la capacidad metabólica de bacterias obtenidas de la película superficial de pozas litorales y de 12 millas de la costa u oceánicas, todas de naturaleza hidrofóbica, frente a compuestos de diversa complejidad.

MATERIALES Y METODOS

Los muestreos se realizaron en las pozas rocosas de Montemar, Valparaíso (32° 57'S, 71° 33'W) y en mar abierto a 12 millas de la costa.

Para la extracción de las muestras de neuston, se usó una malla de 40 por 40 cm y de un tamiz de 18 mesh, según las recomendaciones de Garret (1965), en un marco plástico tensor. Alícuotas de 0,1 ml de muestras fueron sembradas homogéneamente sobre placas con Agar Marino, MSWYE (Colwell et al., 1975). De las colonias así obtenidas fueron seleccionadas cepas de superficie hidrofóbica, por medio del test de hidrofobicidad de Rosenberg (1981).

Se seleccionaron un total de 60 cepas de super-

Instituto de Biología. Facultad de Ciencias Básicas y Matemáticas. Universidad Católica de Valparaíso. Casilla 4059, Valparaíso. Chile

ficie hidrofóbica; 30 provenientes de pozas litorales y 30 de 12 millas de la costa.

Con el fin de deducir su potencial metabólico "in situ", se ensayó su halotolerancia como adaptación respecto a un ambiente salino. Para ello se usaron concentraciones de NaCl de: 1%, 5%, 10%, 12%, 15% y 0%.

Para conocer su capacidad de producción de exoenzimas proteolíticas, amilolíticas y lipolíticas se usó gelatina, almidón y Tween 80 respectivamente.

Utilización de azúcares como única fuente de carbono y energía: lactosa, manitol, glucosa, sucrosa, rafinosa, galactosa y manosa.

Por estar la película superficial frecuentemente enriquecida por compuestos antropogénicos, de naturaleza aromática, se probó la capacidad para utilizar los siguientes compuestos como única fuente de carbono: p-cresol, m-cloro benzoato de sodio, fenol, naftalina, alcanfor, naftaleno, xileno, tolueno y sodio salicilato. Los medios empleados para estas pruebas han sido descritos anteriormente por Soto et al., (1984).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las cepas hidrofóbicas oceánicas se presentan como eurihalinas notables, todas ellas con tolerancia al NaCl de 1%, 5% y 10%. Comparativamente las cepas hidrofóbicas con origen en pozas litorales, son de carácter más estenohalinas. El total de estas últimas tolera sólo 5% de NaCl como máximo. En ambos grupos hay cepas que crecen sin NaCl. Sin embargo, algunos componentes de los medios de cultivo, particularmente las peptonas, poseen Na^{+} contaminante en cantidad suficiente para sustentar el crecimiento, (MacLeod y Onofrey 1963; MacLeod 1968). Otras cepas toleran más de 10% de NaCl, (Fig.1).

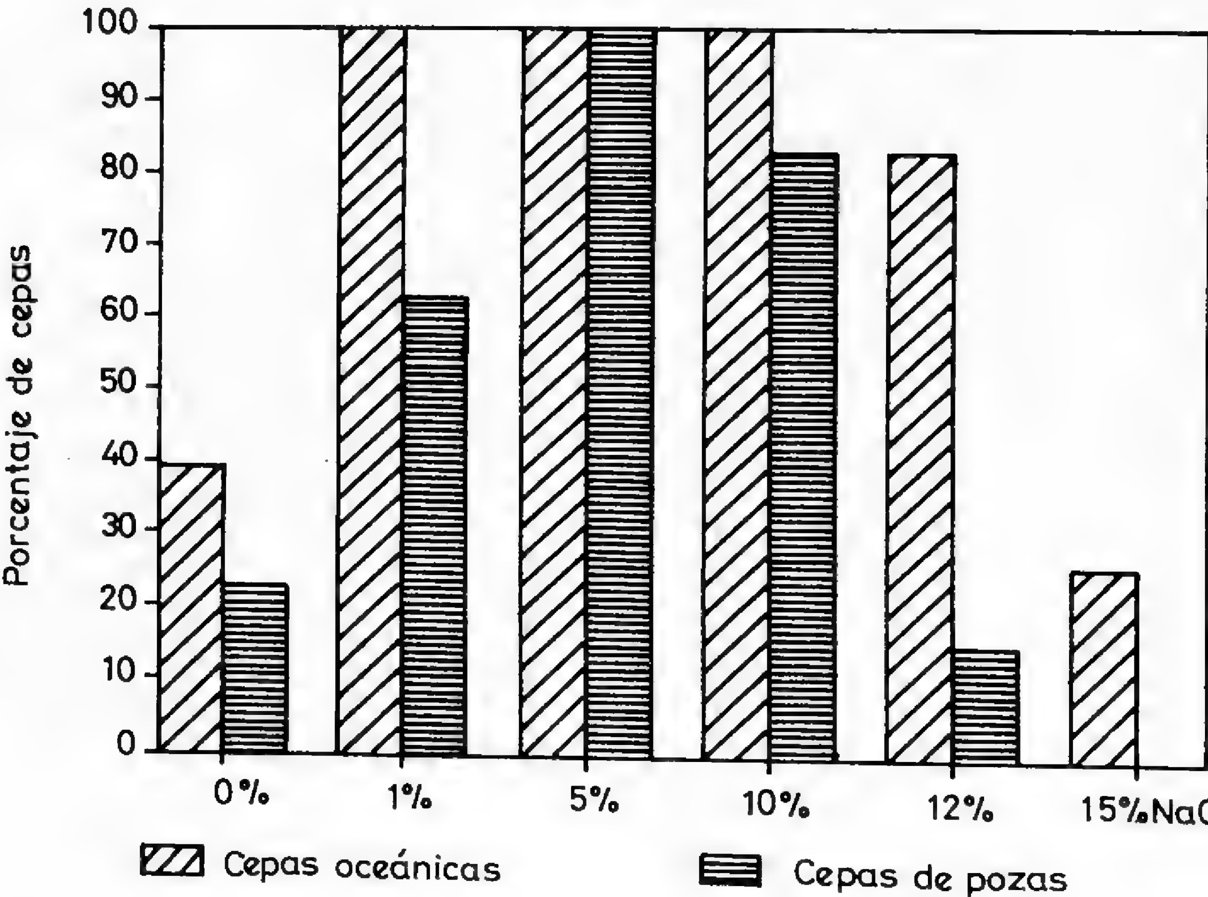


Fig.1. Tolerancia a diferentes concentraciones de NaCl de cepas de bacterioneuston hidrofóbico.

Las cepas hidrofóbicas de ambos grupos, son capaces de producir la hidrólisis de almidón, gelatina y Tween 80 en porcentajes superiores al 62%. Las cepas de pozas litorales se presentan como algo más eficientes, (Fig.2). Sieburth, (1971), detecta en la flora bacteriana aislada de la película superficial del océano Pacífico, lipasas en el 93% de sus cepas, gelatinasa en el 91% y amilasa en el 23,5 %. Por su composición en algunas regiones con aguas de surgencias la película superficial podría producir el enriquecimiento de grupos lipolíticos y normalmente de grupos proteolíticos e hidrolíticos sobre hidratos de carbono (Sieburth 1979). Kjelleberg y Hakansson (1977), detectan menor concentracion de bacterias lipolíticas en la película superficial. Ninguno de los autores hace mención a la posible naturaleza hidrofóbica de las cepas, lo cual podría influenciar sus resultados. En este sentido, la microflora hidrofóbica de pozas litorales es de notable capacidad metabólica. El compuesto polimérico almidón, también de tipo hidrofóbico, no ejerce una presión selectiva tan poderosa sobre este tipo de microflora.

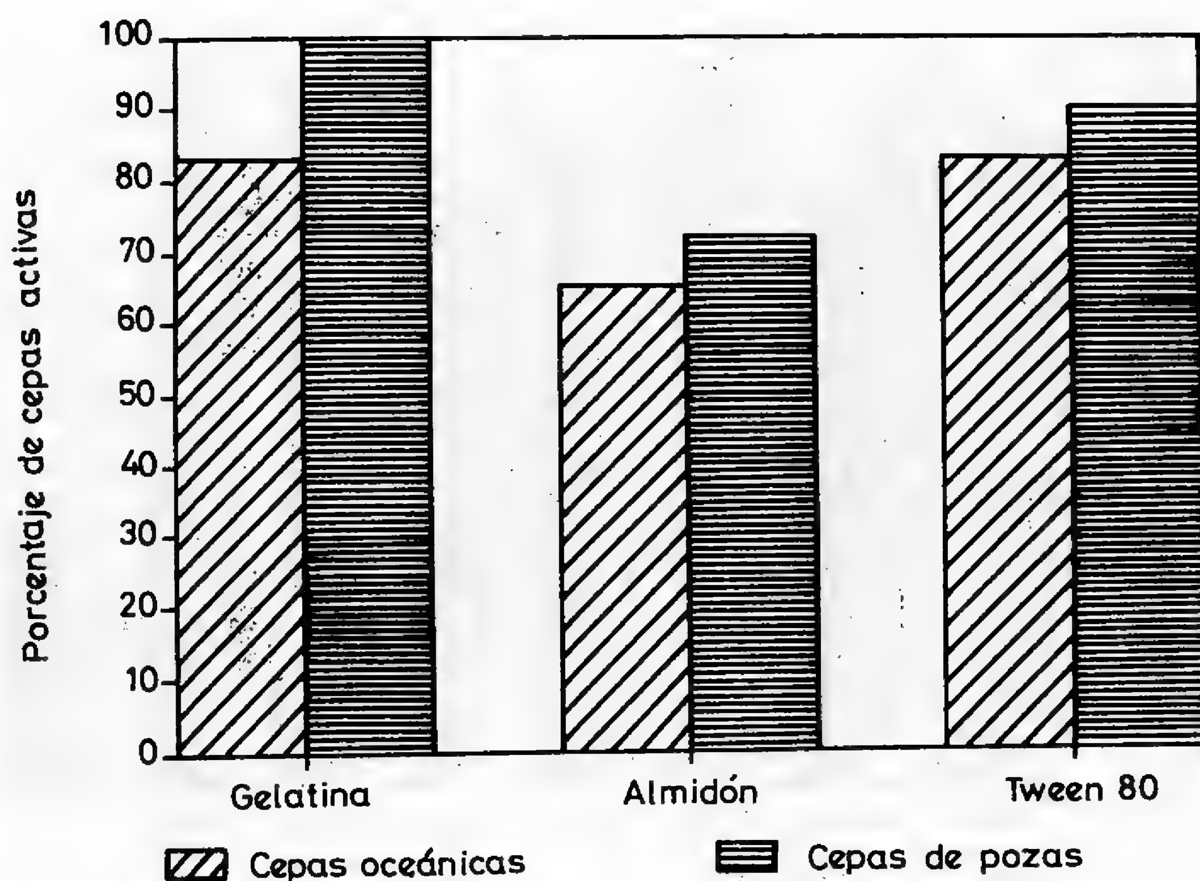


Fig.2. Porcentaje de cepas hidrofóbicas activas en la hidrólisis de gelatina, almidón y tween 80.

El número de cepas oceánicas que crecen con azúcares y un azúcar-alcohol como única fuente de carbono, es mayor que el número de cepas de pozas litorales, estas últimas son menos versátiles, (Fig.3). Es posible que la película superficial de pozas litorales sea más rica debido al proceso de concentración de nutrientes, por evaporación de agua. Por el contrario la película superficial oceánica sería de carácter más oligotrófico. Así, Van Uden y Fell (1968) sugieren que ciertos géneros de levaduras marinas, por ellos estudiados, con gran versatilidad metabólica, son propias de ambientes oligotróficos marinos. También Horowitz et al., (1983) observaron que poblaciones bacterianas aisladas en medio nutritivo pobre podían utilizar sustratos orgánicos en un rango amplio, mientras que poblaciones bacterianas aisladas en medios nutritivos ricos eran menos versátiles.

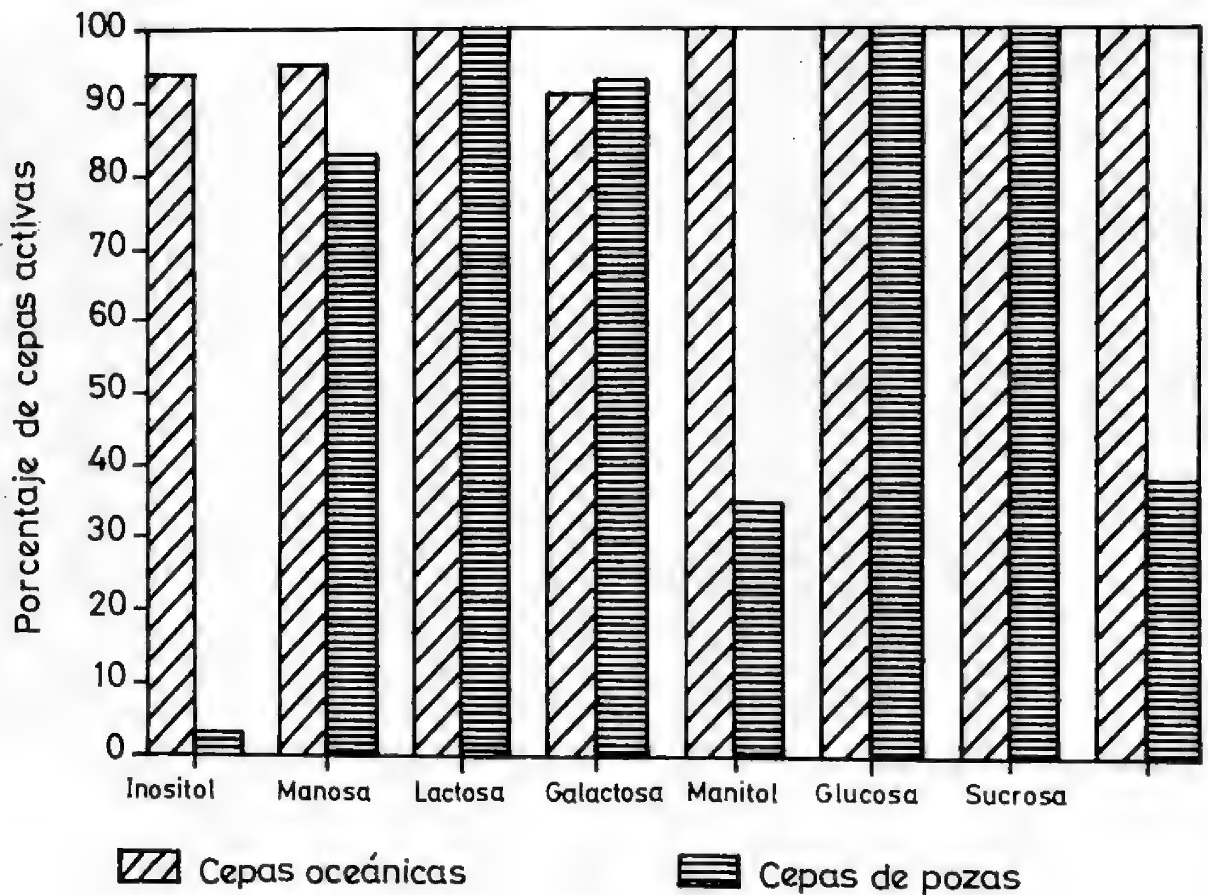


Fig.3. Porcentaje de cepas hidrofóbicas activas sobre azúcares como única fuente de carbono y energía.

Los resultados nuestros fueron orientados a la detección de actividad oxidativa sobre azúcares. Sin embargo, Soto et al., (1984), trabajando en la misma zona del presente trabajo, detectó alrededor de un 31% de actividad fermentativa. Los mismos autores sugieren como responsables de los procesos de oxidación y fermentación a representantes de los géneros *Pseudomonas* y *Vibrio* respectivamente. Igual opinión manifiesta Sieburth (1971).

Particularmente interesante es la actividad sobre manitol de las cepas bacterianas oceánicas, que provienen de aguas que bañan enormes lechos del alga *Lessonia* sobre las rocas costeras. La abundancia de bacterias capaces de utilizar el azúcar-alcohol, manitol, ha sido asociada por Koop y Carter (1982) a los exudados producidos por algas talófitas.

La capacidad de las cepas de bacterioneuston, de pozas litorales y oceánico, para utilizar compuestos aromáticos como única fuente de carbono, alcanza valores notablemente altos, cercanos al 80%, (Fig.4). Parker y Barsom (1970) y Hardy (1982) expresan que la microcapa superficial del agua de mar, de regiones costeras, constituye una importante reserva de compuestos aromáticos e hidrofóbicos.

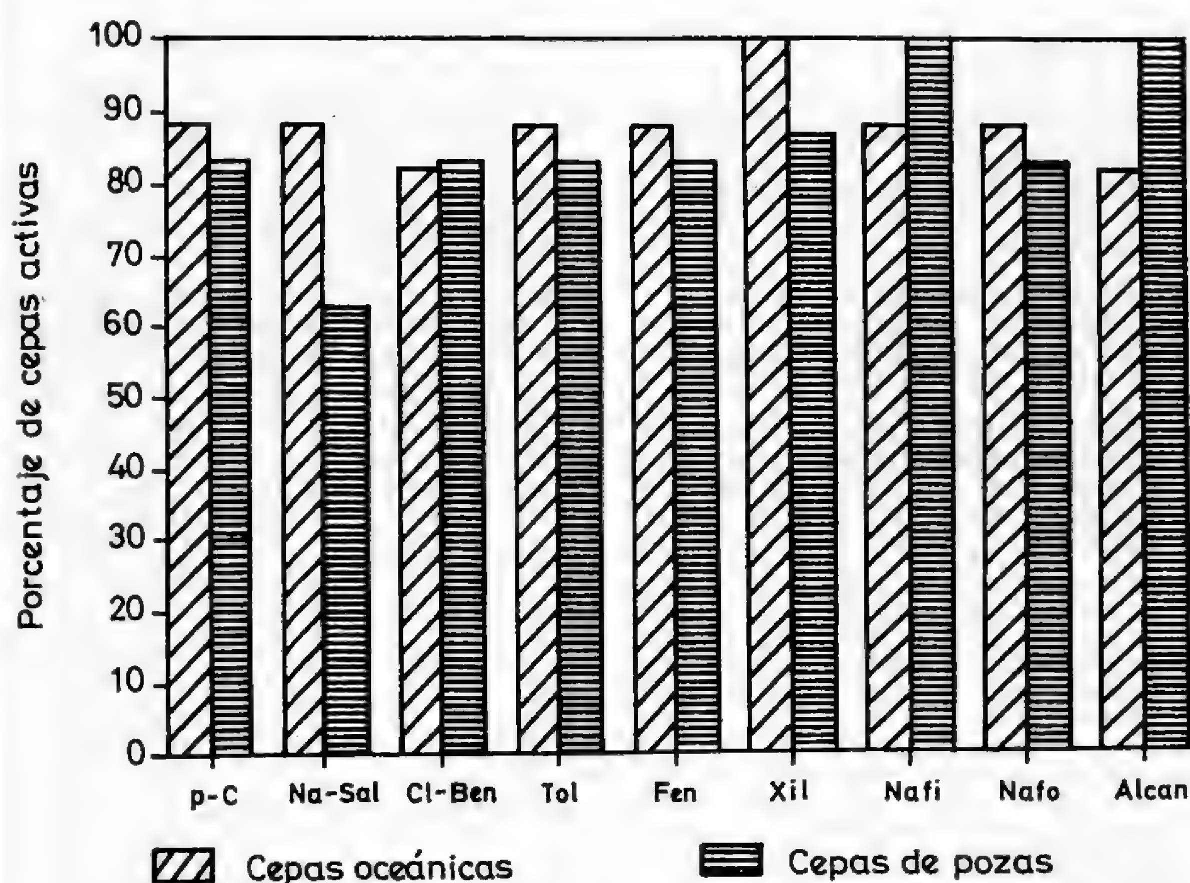


Fig.4. Porcentaje de cepas hidrofóbicas bacterianas activas sobre compuestos aromáticos como única fuente de carbono. p-C= para-cresol. Na-Sal=Sodio salicilato. Cl-Ben=m-cloro benzoato. Tol=tolueno. Fen=fenol. Xil=xileno. Nafi=naftalina. Nafo=naftaleno. Alcan=alcanfor.

Si consideramos que las bacterias hidrofóbicas, para Soto et al., (1984), constituyen cerca del 30% de la población de la película superficial de pozas litorales y asumimos que el porcentaje es igual para aguas oceanicas los resultados de este trabajo prospectivo, reflejarían la expresión de una gran capacidad mineralizadora, presente en las bacterias hidrofóbicas de la película superficial. García-Tello et al., (1993), comparando propiedades metabólicas, concluye que la actividad metabólica de las cepas hidrofóbicas es superior a aquella de las cepas hidrofílicas. Aparte de algunas notables diferencias en el porcentaje de expresión de actividad metabólica y halotolerancia, entre cepas bacterianas hidrofóbicas de pozas litorales y oceánicas, sólo se aprecia una tendencia en uno u otro grupo.

REFERENCIAS

COLWELL, R.,R.K.SIZEMORE, J.F.CARNEY, R.Y.MORITA, J.D.NELSON, J.H.PICKAR, J.R.SCHWARZ, S.D.VAN VILKENBERG, J.D.WALKER & R.T. WRIGHT.1975. Marine and Estuarine Microbiology Laboratory Manual. 80 pp. University Park Press, Baltimore, M.D.

DAHLBACK,B., M.HERMANSSON, S.KJELLEBERG & B.NORKRANS.1981. The hydrophobicity of bacteria is an important factor in their initial adhesion at the air-water interface. Arch. Microbiol.128: 267-270

GARCIA-TELLO,P., J.LLANOS, A.del MORAL, M.CASTRO, B.PRADO & R.ZIMMERMANN.1993. Some metabolic properties of the hydrophobic and hydrophilic bacterioneuston from the Bay of Valparaiso, Chile. (en prensa).

GARRETT,W.1965. Collection of slick-forming materials from the sea surface. Limnol. Oceanogr.,10: 602-605.

HARDY,J.1982. The sea surface microlayer: Biology, Chemistry and Anthropogenic Enrichment. Prog. Oceanogr. 11: 307-328.

HOROWITZ,A., M.I.KRICHEVSKI & R.M.ATLAS.1983. Characteristics and diversity of subartic marine oligotrophic, stenoheterotrophic and euryheterotrophic bacterial populations.Can.J. Microbiol., 29: 527-535.

KJELLEBERG,S. & N.HAKANSSON.1977. Distribution of lipolytic, proteolytic and amylolytic marine bacteria between the lipid film and the subsurface water. Mar. Biol. 39: 103-109.

KOOP,K. & R.A.CARTER.1982. Mannitol-fermenting bacteria as evidence for export from kelp beds. Limnol. Oceanogr.,27:950-953.

MacLEOD,R.A. & E.ONOFREY.1963. Studies on the stability of the Na^+ requirements of marine bacteria. In: Symposium on Marine Microbiology. (C.H. Oppenheimer, ed.):481-489. Thomas, Springfield.

MacLEOD,R.A.1968. On the role of inorganic ions in the physiology of marine bacteria. In: Advances in Microbiology of the Sea. (M.R. Droop, & E.J. Ferguson Wood, eds.): 95-126. Academic Press, London.

PARKER,B. & G.BARSOM.1970. Biological and chemical significance of surface microlayers in aquatic ecosystems. Bioscience, 20: 87-93.

ROSENBERG,M. 1981. Bacterial adherence to polystirene: a replica method of screening for bacterial hydrophobicity. Appl. Environ. Microbiol., 42: 375-377.

SIEBURTH,J.M.1971. Distribution and activity of oceanic bacteria. Deep-Sea Research., 18: 1111-1121.

SIEBURTH,J.M.1979. Sea Microbes. New York, Oxford University Press. pp 491.

SOTO,Y., J.P. ROBESON & P.GARCIA-TELLO.1984. Incidencia y caracteristicas metabólicas de bacterias de superficie hidrofóbica presentes en el neuston de pozas litorales.Rev. Biol. Mar., 20: 127-137.

VAN UDEN,N. & J.W.FELL.1968. Marine Yeast. In: Advances in Microbiology of the Sea. (M.R. Droop, & E.J.Ferguson Wood,ed.). Academic Press, London.

VAN VLEET,E.S. & P.M.WILLIAMS.1983. Surface potential and film preassure measurements in seawater systems. Limnol. Oceanogr., 28: 401-414.

WILLIAMS,P.M.1967. Sea surface chemistry: organic carbon and inorganic nitrogen and phosphorus in surface films and subsurface waters. Deep-Sea Research, 14: 791-800.

PRESENCIA DEL GENERO CLATHRUS (GASTEROMYCETALES, EUMYCOPHYTA) EN LA PROVINCIA DE VALPARAISO.

BERNARDO PARRA Y VIVIANA ESCUDERO

ABSTRACT

The Clathraceae family, gather mushrooms scarcely known in Chile. Out of three species of the genera *Clathrus* mentioned for Chile just one is valid, the rest correspond to the another genera: *Colonnaria*. The *Ileodictyon* genera, also mentioned for Chile would correspond to the another of the *Clathrus* species present in our territory.

Key Words: Systematics, mushrooms, *Clathrus*, central Chile.

INTRODUCCION

Las familias Clathraceae y Phallaceae pertenecen al orden Phallales de los Gasteromycetales. Los hongos pertenecientes a estas familias se caracterizan por sus basidiocarpos globosos, formados por una cubierta carnosa llamada volva, la que encierra a un receptáculo estéril y a una gleba fértil. En la madurez se rompe la volva, emerge el receptáculo y la gleba contenida por éste se transforma en una masa granulosa que incluye a las esporas.

Clathraceae agrupa hongos, con formas sumamente curiosas, escasamente representados en Chile. Los receptáculos esporíferos pueden ser reticulados o formados por brazos concrescentes o extendidos, sésiles o pedicelados. La volva consta de un peridio externo delgado y membranoso y de uno interno grueso y gelatinoso.

Algunos géneros de esta familia, propuestos por Zeller (1949), son:

Aseröe, Labill., 1799. (*A. rubra*), con un receptáculo formado por un pie cilíndrico, hueco y por un círculo de ramas o brazos libres y divergentes. (Fig.1 A).

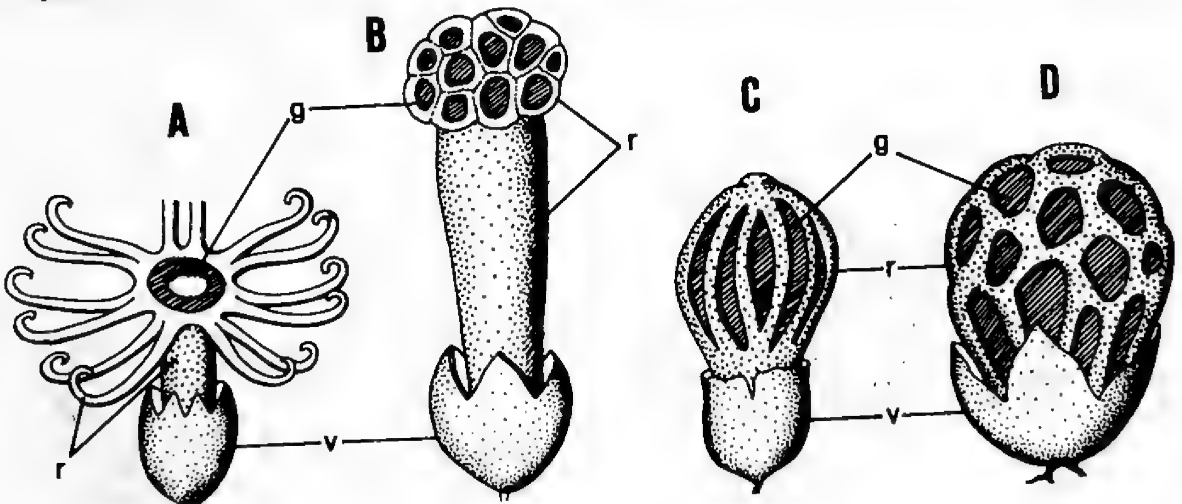
Symblum, Klotzsch., 1831. (*S. sphaerocephallus*), con un pie cilíndrico, hueco y ramas unidas formando una red hemiesférica, terminal. (Fig.1 B).

Colonnaria (*Colus*), Cav. et Setch., 1835. (*C. columnata*), sin pie y con un número variado de brazos dispuestos como meridianos (unidos solamente por sus extremos) (Fig.1 C).

Clathrus, Micheli ex Person, 1753. (*C. cancellatus*), sin pie y con los brazos formando una red compleja, con cavidades hexagonales. (Fig.1 D).

Lysurus, Fr. 1823., con pie y brazos que nacen verticalmente para prolongarse luego en una red.

Fig.1. Géneros de la familia Clathraceae (Adaptación de Chadefaud). A.Aseröe. B.Symblum. C.Colonnaria. D.Clathrus. g: gleba, r: receptáculo, v: volva



Sección Botánica, Instituto de Biología. Universidad Católica de Valparaíso, Casilla 4059, Valparaíso, Chile.

Léveillé (1846) y Gay (1844) citan además al género *Ileodictyon*, Tul. 1844, el cual no es considerado por Zeller (1949) y que en la actualidad corresponde a una sinonimia de *Clathrus*.

Si se comparan las características señaladas anteriormente para cada género, con las descripciones realizadas para las especies recolectadas en Chile, surgen serias divergencias, que es conveniente aclarar. En razón de lo anterior; que el conocimiento de la flora fungosa de Chile es escaso; y que su sistemática presenta dificultades, este trabajo pretende:

Dar a conocer las características generales del grupo y en particular, las del género *Clathrus*, que como ya se dijo anteriormente, presenta formas bastante curiosas y muy poco representadas en nuestra provincia.

Comunicar nuevos registros para el género. Y aclarar algunos problemas sistemáticos derivados de la revisión histórica del grupo.

MATERIALES Y METODOS

Los hongos, fueron recolectados en los siguientes lugares de la provincia de Valparaíso:

Fundo "El Pajonal", ubicado en el cerro del mismo nombre (33°03'S, 71°37'W; a 194 m.s.m.) en Julio de 1962.

"Quinta Compton" de Placilla de Peñuelas (33°07'S, 71°35'W; a 320 m.s.m.) en Julio de 1986 y Agosto de 1987.

Fundo "Chacarillas" de Placilla de Peñuelas (33°07'S, 71°37'W; a 350 m.s.m.) en Junio y Julio de 1992.

El material recolectado se ha conservado en una solución acuosa de formalina al 10% y forma parte de la Colección de Hongos del Laboratorio de Criptogamia del Instituto de Biología de la Universidad Católica de Valparaíso.

RESULTADOS Y DISCUSION

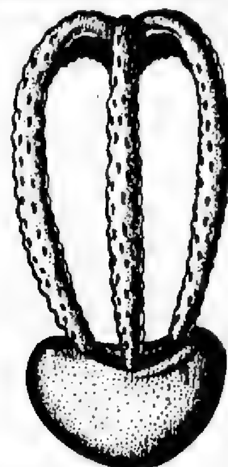
La literatura cita para Chile los siguientes géneros de la familia Clathraceae:

Clathrus, con tres especies, distribuidas entre la Zona Central y Sur del país (Gay 1850; Philippi 1869; Spegazzini 1921; Mujica et al 1980; Lazo 1983).

Ileodictyon, con una especie, encontrada en el Sur del país y en el Archipiélago de Juan Fernández (Léveillé 1846; Gay 1850; Philippi 1869; Johow 1896; Gotschlich 1913; Fries 1922; Mujica et al 1980).

Lysurus, con una especie, encontrada en la zona central del país (Spegazzini 1921; Mujica et al 1980).

Fig.2. Clathrus triscapus (Copia del Atlas de Gay: Criptogamia. Lám. 10. Fig. 9)

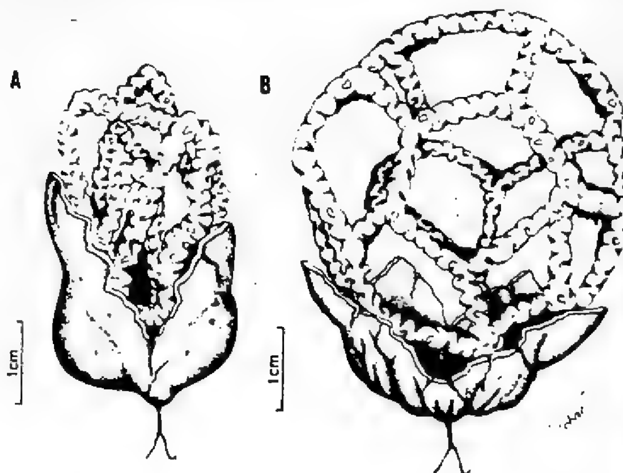


Del género *Clathrus* en el área de estudio se encontraron dos especies:

1. *Clathrus cibarius* (Tul.) Fischer (Fig.3).

Hongo con basidiocarpo esférico, blanco, de 2.5 a 3.0 cm de diámetro, con un peridio doble, compuesto por una capa externa delgada y una interna, gruesa y gelatinosa. Al madurar, la volva se razga, quedando a la vista el peridio interno gelatinoso, lo que permite la salida del receptáculo con varios brazos anastomosados, formando una red esférica y hueca, de unos 4.0 a 6.0 cm de diámetro y compuesta por aproximadamente 13-16 hexágonos o figuras similares. Brazos rugosos de 2.0 a 6.0 mm de grosor. La gleba, situada en la parte interna de los brazos, mucilaginosa, olivacea y maloliente. Las basidiósporas muy pequeñas, hialinas, elípticas y lisas. Crece en el suelo, primero en forma hipógea, para luego, una vez maduro hacerse epígeo. Se encuentra en la periferia de bosques nativos o de pinos y eucaliptos, en pequeños grupos.

Fig.3. Clathrus cibarius. Ejemplares encontrados en Placilla de Peñuelas A: receptáculo y gleba haciendo abandono de la volva. B: receptáculo extendido con esporas en su cara interna.

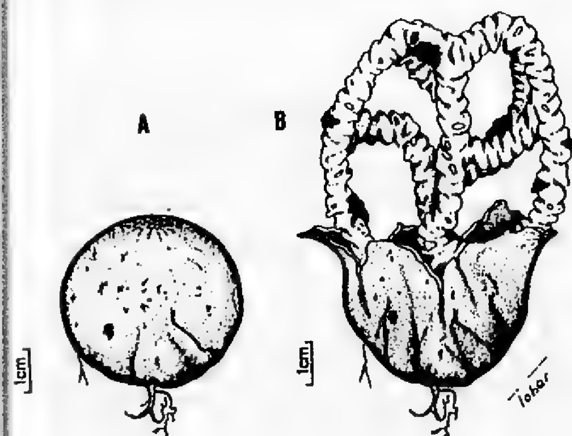


2. *Clathrus* sp. (Fig.4).

Con basidiocarpos esféricos, blancos, de 4.0 a 5.0 cm de diámetro, con un peridio externo delgado y uno interno grueso y gelatinoso. Receptáculo con varios brazos anastomosados formando una red, esférica y hueca, de 6.0 a 8.0 cm de diámetro, compuesta de aproximadamente de 8 hexágonos o figuras similares. Brazos rugosos de 7.0 a 8.0 mm de grosor. Gleba situada en la parte interna de los brazos, mucilaginosa, olivácea y maloliente. Basidiósporas muy pequeñas, hialinas, elípticas y lisas.

Crece en el suelo, en la periferia de bosques nativos o cultivados, en grupos restringidos.

Fig.4. Clathrus sp. Encontrado en el Fundo "El Pajonal."A: Basidiocarpo cerrado. B: Receptáculo extendido con esporas.



La especie *Ileodictyon gracile* Berk., citada para Chile, de acuerdo con su descripción y lo establecido en la literatura, corresponde a *Clathrus* sp. encontrada por estos autores en el Fundo "El Pajonal".

Por otra parte, las especies *Clathrus (Laternea) triscapus* Fries (Gay 1850; Philippi 1869) y *Clathrus (Laternea) columnatus* Bosc. (Gay 1850), que según sus descripciones originales presentan color rojizo y un receptáculo sésil con tres o cuatro brazos *no reticulados*, respectivamente, sino dispuestos en forma de meridianos, corresponden a la especie *Colonnaria columnata* (Bosc.) Fischer (Fig.1 C) y no al género *Clathrus* como originalmente fueron determinadas (Fig.2).

CONCLUSIONES

El material encontrado y descrito por estos autores, para las localidades de la "Quinta Compton" y el Fundo "Chacarillas" de Placilla de Peñuelas (Fig.3), de acuerdo con las descripciones de Spegazzini 1921 y Lazo 1983, corresponde a la especie *Clathrus cibarius* (Tul.) Fischer.

La especie *Ileodictyon gracile* Berk. descrita y citada para el Sur de Chile por Léveillé 1846; Gay 1850; Philippi 1869; Johow 1896; corresponde a *Clathrus* sp. encontrada por estos autores en el Fundo "El Pajonal", la que se caracteriza por el mayor grosor de los brazos, la mayor dimensión de los basidiocarpos y por el reducido número de hexágonos de su receptáculo (Fig.4).

Las especies *Clathrus (Laternea) triscapus* Fries y *Clathrus (Laternea) columnatus* Bosc., citadas, para Chile, corresponden a *Colonnaria columnata* (Bosc.) Fischer.

Por lo tanto el género *Clathrus* está representado en Chile solamente por dos especies: *Clathrus cibarius* y *Clathrus* sp.

REFERENCIAS

CALONGE, F. de D.1979. Setas (Hongos): Guía Ilustrada. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España.

CHADEFAUD,M. & L.EMBERGER.1960. Traité de Botanique Systematique. Masson et Cie. Editeurs. París.

CLEMENTS,F. & C.SHEAR.1957. The Genera of Fungi. 3ra. Edic. Hafner Publishing Co. New York.

FRIES, THORE C.E.1922. Die Gastromyceten der Juan Fernández und Osterinseln. En Skottsberg: The Natural History of Juan Fernández and Eastern Island. 2:59-60. Upsala.

GAY,C.1850. Historia Física y Política de Chile. Botánica. Tomo 7. Imprenta de E. Trunot et Cie. París.

GOLA,G., G.NEGRI & C.CAPPELLETTI.1965. Tratado de Botánica. 2da. Edición. Edit. Labor. Barcelona.

GOTSCHLICH,B.1913. LLanquihue y Valdivia. Bol.Mus.Nac.Chile. 6:7-626.

GUZMAN,G.1977. Identificación de los Hongos Comestibles, Venenosos, Alucinantes y Destructores de la Madera. Edit. Limusa. México.

JOHOW,F.1896. Estudio sobre la flora de las islas de Juan Fernández. 282 pp.. Santiago.

LAZO,W. Introducción al estudio de los hongos superiores. Bol. Microbiológico. 1:67-119.

LEVEILLE,J.H.1846. Description des Champignons de l'Herbier du Museum de París. Ann.Scien.Nat.III: 5:111-167 y 249-304.

MUJICA,F., C.VERGARA, & E.OEHRENS.1980. Flora Fungosa Chilena. 2da. Edic. Edit. Universitaria. Santiago. Chile.

PHILIPPI,R.A.1869. Elementos de Botánica para el uso de los estudiantes de Medicina y Farmacia. Imprenta Nacional. Santiago, Chile. 571 pp.

SPEGAZZINI,C.1921. Mycetes chilenos. Bol.Acad.Cienc. Córdoba. Argentina. 25:1-124.

ZELLER,S.M.1949. Keys to the Orders, Families and Genera of the Gasteromycetes. Mycologia. 41:36-58.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 37-39, 1994

PTERIDOFITOS DEL CERRO LA CAMPANA Y DE LAS QUEBRADAS DE EL OLIVAR, VALPARAISO, V REGION.

BERNARDO PARRA & VIVIANA ESCUDERO.

ABSTRACT

"La Campana" and "El Olivar" are two localities situated on the V Región, in Chile. The first is one of the locations of the Central Zone of the country with great abundance of the Pteridophyte species. They are 8 families of Pteridophyte, with 11 genres and 19 species. In "El Olivar" the abundance of species is inferior. There are just 6 families with 7 genres and 13 species.

Key Words: Pteridophye, central Chile, National Park La Campana, Equisetopsida, Filicopsida.

INTRODUCCION

El cerro La Campana (32°57'S,71°07'W; 1.900 m.s.n.m.) al interior del parque nacional La Campana, es un lugar de alto interés botánico. Por sus características biogeográficas está representada la mayor parte de las comunidades que caracterizan a la zona central de nuestro país. En él se encuentran: Bosque de *Nothofagus*, Bosques Higrófilos, Bosques Esclerófilos, Matorral de *Chusquea*, Matorral de Suculentas, Comunidades de Altura, Bosque de Palmas, etc. El cerro La Campana es, por lo tanto, un centro de convergencia de elementos biogeográficos del Norte, del Centro, del Sur y Andinos (Villaseñor 1980).

En razón de los antecedentes anteriormente expuestos, la vegetación, las comunidades vegetales presentes y la importancia biogeográfica de este lugar han sido materia de estudio para numerosos investigadores (Schmithussen 1956; Oberdorfer 1960; Garaventa 1964; Rundel y Weisser 1975; Villaseñor 1980).

Las quebradas de El Olivar (33°02'S,71°30'W; 100 m.s.n.m.) entre 1983 y 1990 constituyeron el Parque de Flora y Fauna del mismo nombre. Representan un lugar de interés botánico, no sólo por incluir al Jardín Botánico, sino también por sus características biogeográficas, por haber sido excluídas de la acción antrópica y por no haber sido estudiada su flora pteridológica.

A pesar de existir numerosas referencias a especies de helechos presentes, especialmente en el cerro La Campana (Looser 1930), a la fecha no se ha publicado un catastro exhaustivo de los Pteridófitos presentes en ambos lugares de trabajo, aspecto que constituye el objetivo principal de este artículo.

MATERIALES Y METODOS

Durante más de dos décadas hemos efectuado recolecciones de Pteridófitos en las laderas y quebradas de exposición Sur, correspondientes al cajón El Granizo del cerro La Campana. Ocasionalmente, recorrimos también los cajones Grande y de Ocoa. El área de recolección más intensiva abarca desde la base del cerro (500 m.s.n.m.) y pasa por el sendero del excursionista hasta la cumbre misma (1.900 m.s.n.m.).

En las quebradas de El Olivar las recolecciones se iniciaron en 1983, abarcando toda la extensión de lo que fuera Parque de Fauna y el actual Jardín Botánico de Viña del Mar.

Los ejemplares recolectados en ambos lugares, debidamente herborizados, forman parte del Herbario de la Universidad Católica de Valparaíso (UCVA).

En razón de la extensión de las áreas de trabajo, no fue posible efectuar mediciones de abundancia relativa, optándose en cambio por estimaciones de frecuencia. La ordenación sistemática de las especies corresponde a Tryon y Tryon 1982.

RESULTADOS Y DISCUSION

En conjunto, para ambos lugares, se encontrron 19 especies de Pteridófitos, las que corresponden a 11 géneros y 8 familias.

La totalidad, de las familias y de los géneros está presente en el cerro La Campana. En cambio, en El Olivar sólo están presentes 6 familias con 7 géneros y 13 especies (Tabla 1).

Sección Botánica. Instituto de Biología.Universidad Católica de Valparaíso.Casilla 4059. Valparaíso. Chile.

Además de la diferencia en cuanto a la riqueza de especies entre los dos lugares de trabajo, es evidente que las frecuencias relativas estimadas, son superiores en el cerro La Campana. Estas diferencias en favor de este último lugar tendrían su explicación en su mayor heterogeneidad ambiental, abundancia de agua, altura e inclinación.

Adiantum poiretti, Polystichum plicatum y *Cheilanthes glauca*, especies encontradas solamente en el cerro La Campana, son precisamente pteridófitos xerófilos que en la Zona Central crecen a mayores alturas, que la de El Olivar (Looser 1955).

TABLA 1. Especies de Pteridófitos presentes en lugares de trabajo, con abundancias relativas estimadas. Muy abundante= MA; abundante= A; frecuente= F; escaso= E; muy escaso= ME.

	GRUPOS/ESPECIES	ABUNDANCIA	
		La Campana	El Olivar
	EQUISETOPSIDA EQUISETACEAE		
1.	Equisetum bogotense	A	A
	FILICOPSIDA PTERIDACEAE		
2.	Adiantum chilense	-	ME
3.	Adiantum excisum	F	F
4.	Adiantum gertrudis	ME	-
5.	Adiantum poiretti var, sulphureum	F	-
6.	Adiantum scabrum var. scabrum	F	F
7.	Adiantum scabrum var. philippianum	-	ME
8.	Adiantum thalictroides	MA	MA
9.	Cheilanthes glauca	E	-
10.	Notholaena tomentosa	F	F
	DENNSTAEDTIACEAE		
11.	Dennstaedtia glauca	E	-
	THELYPTERIDACEAE		
12.	Thelypteris argentina	E	ME
	DRYOPTERIDACEAE		
13.	Cystopteris fragilis	E	E
14.	Polystichum plicatum	ME	-
	ASPLENIACEAE		
15.	Pleurosorus papaverifolius var. papaverifolius	ME	-
16.	Pleurosorus papaverifolius var. hirsutus	ME	-
	BLECHNACEAE		
17.	Blechnum chilense	E	E
18.	Blechnum hastatum	F	F
	SALVINIACEAE		
19.	Azolla filiculoides	E	E

Otra de las especies presentes en La Campana, que crece a diferentes alturas, *Pleurosorus papaverifolius*, requiere en cambio, de una mayor heterogeneidad ambiental: "terrenos expuestos, asoleados, en fisuras de rocas o en pequeñas oquedades para protegerse de la insolación" (Rodríguez 1975; Villagrán y Mesa 1971).

Dennstaedtia glauca, presente también en La Campana crece solamente en quebradas sombrías, con torrentes de agua permanente. Esta especie es escasa y ha sido encontrada en pocos lugares de la V Región (Looser 1971).

Llama la atención no haber encontrado *Adiantum chilense e Hypolepis rugosula* en el cerro La Campana, ya que por sus requerimientos ecológicos debieran encontrarse en este tipo de hábitat, aunque otros autores tampoco mencionan su presencia para el lugar.

En las quebradas de El Olivar, por su menor altura, relieve más homogéneo y fundamentalmente por su pobreza en agua, la flora pteridológica presenta una menor riqueza de especies y concuerda en gran medida con la de otros lugares similares de la V Región.

Si comparamos la flora pteridológica del cerro La Campana con la descrita para otros lugares de la V Región, se aprecia algunas diferencias interesantes. Su riqueza de especies es mayor que la encontrada por Parra y Pichuantes (1981) para el valle de Putaendo (32°55'S,70°40'W), en que por sus condiciones más xerofíticas, faltan aquellas especies con mayores requerimientos de humedad, como *Azolla filiculoides*, *Dennstaedtia glauca* y *Thelypteris argentina*, y se encuentran en cambio *Notholaena mollis* y *Pellaea myrtillifolia*, propias de ambientes más secos.

Una situación similar se presenta al realizar la comparación con la flora pteridológica descrita por Johow (1948) para el bosque de la Quebrada El Tigre de Zapallar (32°31'S, 71°26'W). En este caso, en un ambiente más húmedo (por su proximidad al mar) están presentes especies tales como *Polypodium feuillei*, *Pteris chilensis*, *Dryopteris spectabilis* y *Asplenium obliicuum* var. *sphenoides* y faltan otras más xerofíticas como *Notholaena tomentosa*, *Cheilanthes glauca*, *Pleurosorus papaverifolius* y *Adiantum poiretti*.

CONCLUSIONES

El análisis y la comparación de la flora pteridológica del cerro La Campana con las de otros lugares de la V Región, demuestran que se trata de una de las localidades de la Zona Central con mayor riqueza y abundancias relativas de especies de pteridófitos. En él se encuentran helechos higrófilos como *Azolla filiculoides*, *Thelypteris argentina* y *Dennstaedtia glauca*, junto a otros bastante xerófilos como *Cheilanthes glauca*, *Notholaena tomentosa*, *Pleurosorus papaverifolius* y *Polystichum plicatum*.

Lo anterior tendría su explicación en la heterogeneidad ambiental, altura, inclinación y humedad de este hábitat, que conforma un microclima especial, favorable a la diversidad de pteridófitos.

En las quebradas de El Olivar, la riqueza de especies y las abundancias relativas estimadas son menores, en razón de que la altura, humedad y heterogeneidad ambiental son menos significativas que en el cerro La Campana. No obstante lo anterior, la flora pteridológica de este lugar es bastante representativa de la Zona Central.

REFERENCIAS

GARAVENTA, A. 1964. Importancia e interés botánico que representa la vegetación del cerro La Campana. Bol. Inf. Soc. Cient. Valparaíso. 23:2.

JOHOW, F. 1948. Flora de Zapallar. Rev. Chil. Hist. Nat. 49:1-566.

LOOSER, G. 1930. Los Pteridófitos de Limache, prov. de Aconcagua, Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 34:52-59.

LOOSER, G. 1955. Los Cheilanthes (Filices) de Chile. Moliniana. I:139-154.

LOOSER,G.1971. El género Dennstaedtia (Filices) en Chile. An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso. 4:53-61.

OBERDORFER,E.1960. Pflanzensoziologische Studien in Chile. Weinheim Verlag von Kramer. 208 pp.

PARRA, B. & S. PICHUANTES. 1981. Pteridófitos del valle de Putaendo. An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso. 14:57-69.

RODRIGUEZ, R. 1975. Distribución geográfica del helecho *Pleurosorus papaverifolius* (Kunze)Fée. en América. Bol. Soc. Biol. Concepción. 44:79-85.

RODRIGUEZ, R. 1987. Notas taxonómicas sobre el género *Polystichum* Roth. (Aspidiaceae-Filidae) en Chile. Gayana Botánica: 44 (1-4): 45-53.

RUNDEL, P. & P.WEISSER. 1975. La Campana, a new national park in Central Chile. Biol.Conserv. 8:35-46.

SCHMITHUSSEN, J. 1956. Die räuniliche Ordung der Chilenischen Vegetation. Bonner Geographice, Ablandlunger. 17:1-86.

TRYON, R & A. TRYON. 1982. Ferns and Allied Plants. Springer-Verlag. New York. Inc. 857 pp.

VILLAGRAN, C. & A. MESA. 1971. Sobre dos variedades nuevas de *Pleurosorus papaverifolius* (Kunze)Fée. encontradas en la provincia de Valparaíso. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile. 32:371-376.

VILLASEÑOR, R. 1980. Unidades Fisionómicas y Florísticas del Parque Nacional La Campana. An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso. 13:65-70.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 41-48, 1994

MORFOLOGIA COMPARADA DE PLANTULAS DE ESPECIES CHILENAS DE NOTHOFAGUS (FAGACEAE)[1]

ALDO MESA Y ALESSANDRO ROTELLA

ABSTRACT

Seedling morphology is described for three species of *Nothofagus* (*N. dombeyi*, *N. alpina* y *N. alessandri*) using Hickey's terminology. Results are compared with species of other genera of the Fagaceae. The oblate shape of the cotyledons and the presence of interpetiolar stipules in the first pair of opposite leaves (protophylls) in all species of *Nothofagus* suggest a close relationship with the genus *Fagus*. This position is in agreement with other authors' findings based on different characters.

Key Words: Seedling morphology, Nothofagus, Fagaceae, Chile.

INTRODUCCION

El establecimiento exitoso de las plántulas es, indudablemente fundamental para el desarrollo del árbol, y representa la fase más crítica en el ciclo de una planta. La mortalidad entre las semillas y las plántulas es mucho más alto que en alguna otra fase ontogenética (Harper y White 1975; Hallé et al 1978). De lo anterior, se deduce la importancia de la morfología de las plántulas para la ecología de poblaciones vegetales, la silvicultura y la sistemática. No obstante, los trabajos que registra la literatura son escasos y fragmentarios, en especial, acerca de especies chilenas.

La publicación más extensa sobre morfología de plántulas sigue siendo la obra clásica de Lubbock (1892), en la cual bajo el título de Cupulíferas, se describen las plántulas de algunas Fagáceas, tales como *Fagus sylvatica* L., *Quercus ilex* L., *Q. pedunculata* Ehrb. y *Castanea vulgaris* Lam. Pese a que el género *Nothofagus* fue descrito en 1850, ninguna especie es citada. Entre los estudios sobre plántulas de especies chilenas de *Nothofagus*, cabe destacar a Donoso (1975), quien describe la fenología y germinación de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser, *N. obliqua* (Mirb.) Oerst., *N. leoni* Espinosa y *N. alessandri* Espinosa.

Clifford (1987) caracteriza las plántulas de dos especies de la flora nativa de Australia. Comentarios incidentales sobre la arquitectura foliar de las hojas primarias (=protofilos) y nomófilos, hojas siguientes o adultas (= metafilos) de plántulas de *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser realizan Hill y Read (1991), al discutir los fundamentos de su nueva clasificación infragenérica de *Nothofagus*.

De interés resulta citar el extenso trabajo de Ricardi et al (1987) sobre la morfología de plántulas de árboles de los bosques del Estado de Mérida, Venezuela.

El objeto del presente trabajo es un estudio morfológico comparativo de plántulas de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., "coigüe"; *N. alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst., "raulí" y *N. alessandri*, "ruil", esta última especie considerada en peligro de extinción (Mesa 1985; CONAF 1985 y Benoit 1989).

N. alpina es una especie decidua de los bosques subantárticos que en Chile crece desde el sur de la Provincia de Curicó (VII Región) hasta la Provincia de Valdivia (X Región) (Rodríguez et al 1983).

N. dombeyi forma bosques higrófilos siempre verdes de quebradas y suelos húmedos, creciendo en Chile desde la Provincia de Colchagua (VI Región) hasta la Provincia de Aisén (XI Región) (Donoso 1982;

Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Talca, Casilla 747 - Talca - Chile.
(1) Proyectos FONDECYT 91-0195 y Comunidad Económica Europea (C11-CT93-0042).

Rodríguez et al 1983).

N. alessandri es un árbol caducifolio endémico de Chile que ocupa un área muy restringida en la Cordillera de la Costa de las Provincias de Talca y Cauquenes (VII Región) (Rodríguez et al 1983).

MATERIAL Y METODOS

La procedencia de las semillas y su pretratamiento para la germinación de las especies estudiadas fueron los siguientes :

1.- *N. alpina* (raulí)

Procedencia de las semillas: Cerro Alico, 3 Km al SE de San Fabián de Alico, VIII Región (36° 34'S;71°31'W). Pre-tratamiento de germinación: Luego del análisis de los trabajos de Kummerow y Labarca (1961), Moreno y Ramírez (1976) y Clasing (1983), se optó por someter las semillas a la prueba de flotación por 24 horas, aplicándose posteriormente a las sumergidas el método de estratificación, consistente en arena húmeda a 5 °C +/- 1 °C, durante 30 días.

2.- *N. dombeyi* (coigüe)

Procedencia de las semillas : Fundo Atacalco, VIII Región, 5 Km al SE de Recinto (36°53'S;71°38'W). Pretratamiento de germinación : De acuerdo a Ordoñez (1987) se sometieron las semillas al mismo procedimiento anterior, pero durante 90 días.

3.- *N. alessandri* (ruil)

Se trabajó con 10 plántulas de edad inferior a un año, de regeneración natural del sotobosque de ruil, obtenidas en Febrero de 1988 , en la localidad El Fin, a 8 Km al SW de Empedrado, VII Región (35°37'S; 72°21'W).

En la descripción de la morfología de las plántulas, se emplearon la terminología de Hickey (1973) para caracterizar la arquitectura foliar y la de Troll (1939), Rauh (1950) y Guédès (1972) para nominar los diferentes filomas vegetativos (hojas, sensu lato) que se forman en la secuencia ontogenética del árbol.

RESULTADOS

1.-*Nothofagus alpina*: Se logró un 80% de germinación, utilizando plántulas de 10 días, con sólo cotiledones desplegados; luego, otras de 25 días con hojas primarias, y finalmente de 4 meses con hojas siguientes o nomófilos.

Cotiledones:En un estado temprano se observan carnosos y péndulos. Presentan una lámina oblata cuyas medidas ertán en Tabla 1, opuestas, con pecíolos de 1 mm y márgenes pubescentes, de pelos tectores simples, blanquecinos (Fig.1, A y B).

Hipocotilo: De color rojizo, pubescente glandular, de 7 a 13 mm de longitud; en plántulas más jóvenes se observa de color blanquecino.

Hojas primarias: De textura membranácea, filotaxia opuesta y decusada con respecto a los cotiledones, lámina de forma ovada y venación pinnada, craspedódroma; haz verde opaco y envés verde claro, ápice obtuso, base aguda decurrente, pecíolo de 1,5 a 2 mm con margen dentado de tipo cóncavo, con espaciación irregular de los dientes y éstos terminando en pelos glandulares. Presentan, además, estípulas interpeciolares ovadas angostas de ápice agudo, con márgenes pubescentes.

Hojas siguientes (nomófilos): De textura membranácea, de filotaxia alterna-helicoidal. Lámina de forma ovada ancha a ovada angosta en las hojas más desarrolladas, con venación pinnada, craspedódroma simple; base foliar aguda, ápice obtuso, nervio medio prominente y margen dentado, ligeramente acuminado, con una espaciación gradualmente regular de sus dientes, los cuales terminan en pelos glandulares. Estípulas con una forma semejante a la de las hojas primarias, se observan en los nomófilos (Fig.1, C y D).

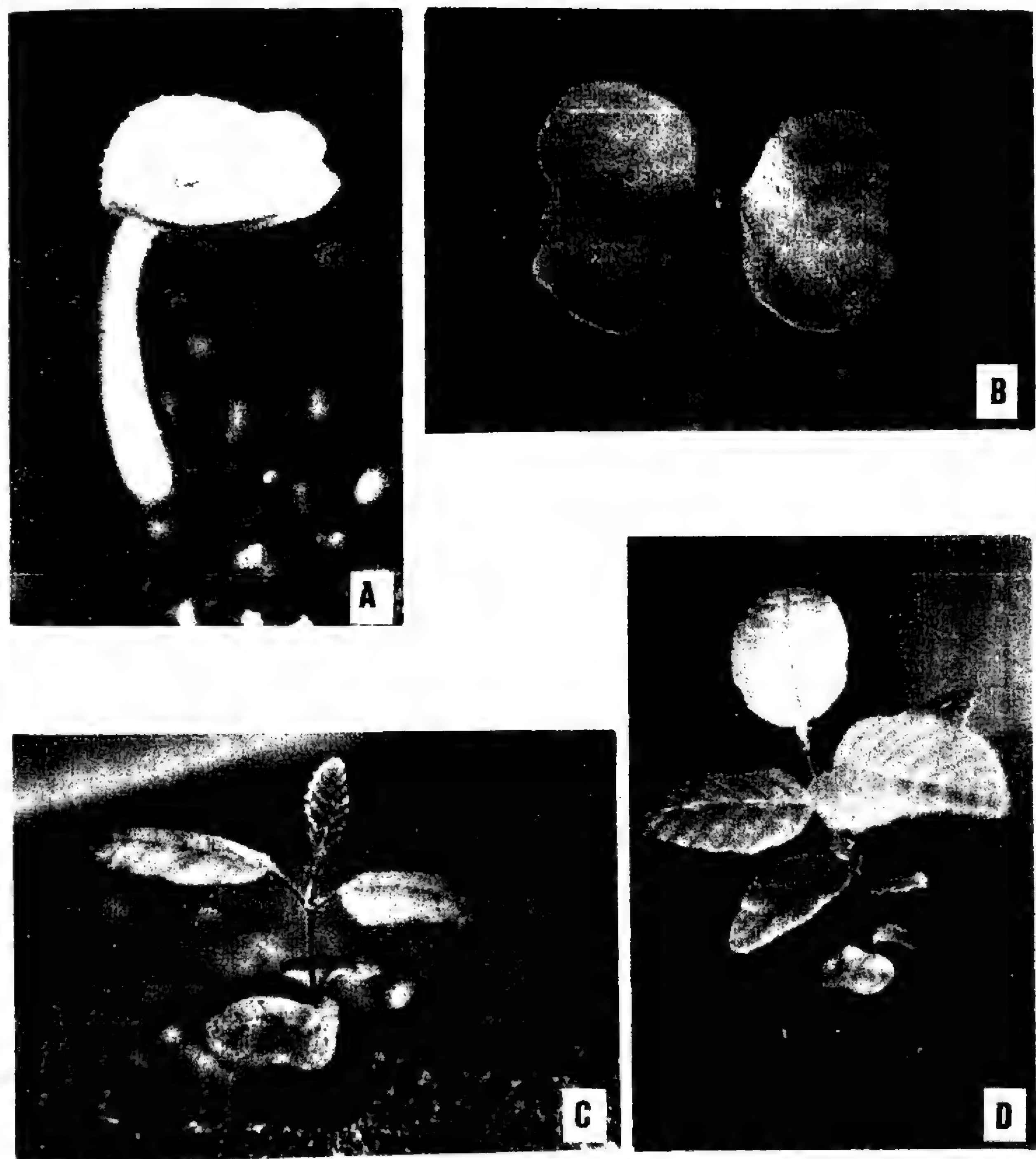


Fig. 1 : Nothofagus alpina.
A: Cotiledones carnosos aplicados frente a frente (x 7,2); **B:** Cotiledones desplegados, opuestos (x 2,6); **C:** Cotiledones, hojas primarias y siguientes (x 1,5); **D:** Estado ontogenético más avanzado, con mayor número de nomófilos (x 0,6).

2.- *Nothofagus dombeyi*: Se alcanzó sólo un 3% de germinación, empleando plántulas de 25 días con los cotiledones desplegados; de 50 días con hojas primarias y de 80 días con varias hojas siguientes (en promedio 10).

Cotiledones:Carnosos, péndulos, opuestos; lámina oblata de 3,7-4,2 mm de largo y 5,5-7 mm de ancho (Tabla 1), ápice emarginado, base auriculada a lobada; casi sésiles con pecíolos de 0,3 a 0,7 mm. Haz de color verde claro y envés violáceo. Envés más glanduloso que el haz (Fig.2, A). Hipocotilo : de 14 a 15 mm. Epicotilo de 67 a 77 mm.

TABLA 1. COMPARACION MORFOLOGICA DE LOS FILOMAS VEGETATIVOS DE LAS TRES ESPECIES

	N. alpina	N. dombeyi	N. alessandri
Cotiledones	lámina oblata de 8-10 mm. largo y 12-18 mm ancho	lámina oblata de 3,7-4,2 mm largo y 5,5-7 mm ancho	lámina suborbiculada de 10-11 mm de largo y 8 mm ancho.
Hojas primarias	lámina ovada (l:a=1,5:1); venación pinnada, craspedódroma; margen dentado de tipo cóncavo con espaciación irregular de dientes.	lámina ovada a ovada ancha (l:a=1,4:1); venación pinnada, camptódroma -reticulódroma; margen crenado a dentado, tipo convexo-convexo	lámina ovada ancha (l:a=1,2:1); venación pinnada,craspedódroma; margen con 6 dientes.
Estípulas interpeciolares.	ovadas angostas, ápice agudo.	diminutas, ovadas angostas, ápice atenuado.	notorias, lanceoladas.
Hojas siguientes	lámina ovada ancha a angosta (l:a=1,5:1); venación pinnada; craspedódroma simple; margen gradualmente dentado.	lámina ovada (l:a=1,5:1); venación pinnada, camptódroma -reticulódroma; margen serrado, tipo convexo-convexo.	lámina ovada (l:a=1,6:1); venación pinnada, craspedódroma simple; margen dentado, acuminado, con 11 dientes.

Nota: l:a = relación largo/ancho.

Hojas primarias:De textura membranácea; filotaxia opuesta-decusada. Lámina de forma ovada a ovada ancha con venación pinnada, camptódroma-reticulódroma; haz verde brillante y envés verde claro; margen crenado a dentado de tipo convexo-convexo, con dientes suavemente redondeados y de distanciamiento variable, pubescente con pelos tectores; base obtusa decurrente y ápice obtuso. Pecíolo rojizo de 1 a 1,1 mm. El par de hojas primarias presentan dos estípulas interpeciolares diminutas, ovadas angostas, de ápice atenuado (Fig.2, B).







Fig. 2 : Nothofagus dombeyi.
A: Cotiledones desplegados, opuestos (x 6.8); **B:** Cotiledones, hojas primarias opuestas y decusadas con respecto a cotiledones, y yema "pseudoapical" (x2.6); **C:** Plántula con hojas siguientes en disposición alterna helicoidal en su eje primario (x 0.9).

Hojas siguientes o nomófilos:En posición alterna-helicoidal (se observan 10 en algunas plántulas). Todas llevan yemas axilares o laterales de 1.4 mm y de forma cónica. Lámina foliar ovada con venación pinnada camptódroma-reticulódroma (observada en primer nomófilo); haz verde brillante y envés verde claro; margen serrado de tipo convexo-convexo, pubescente. Pecíolo de 1,2 a 2,8 mm, color verde cafecino o café rojizo. Los nomófilos presentan dos estípulas diminutas (aciculares), ovada-acuminadas (Fig.2, B y C).

3.- *Nothofagus alessandri*.Plántulas de 22 a 30 cm de longitud, pubescentes, con pelos blancos simples. Raíz, hipocotilo y tallos rojizos, surcados.

Cotiledones: Epigeos, opuestos, sésiles, con lámina suborbiculada de 10 a 11 mm de largo y 8 mm de ancho; los nervios primarios y secundarios son prominentes.

Hojas primarias:De filotaxia opuesta y decusada con respecto a los cotiledones; con pecíolo de 1,5 mm. Lámina foliar ovada ancha con venación pinnada craspedódroma; margen en su mitad superior con 6 dientes, incluído el apical. Además, se observan entre los pecíolos de este par de hojas, notorias estípulas interpeciolares lanceoladas.

Hojas siguientes o nomófilos: De filotaxia alterna-helicoidal. Lámina de forma ovada con venación pinnada craspedódroma simple; margen dentado, acuminado, presentando 11 dientes, incluído el apical, siendo los dos basales de desarrollo incipiente. (Fig.3, A).

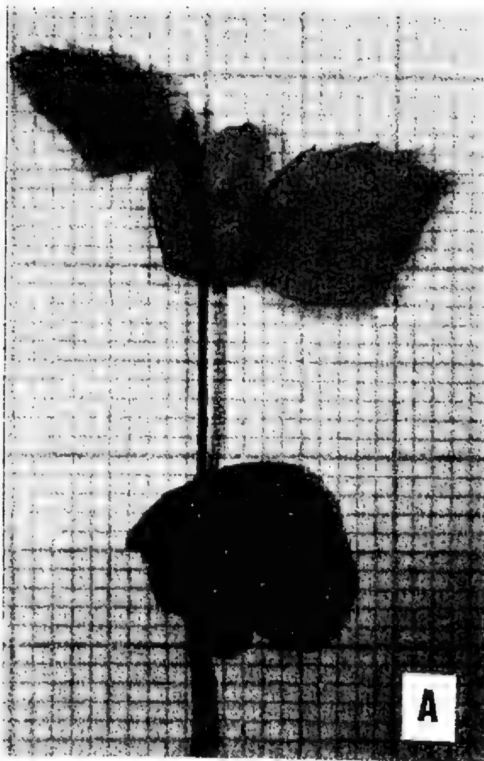




Fig. 3 : A: Plántula de N. alessandri con cotiledones, hojas primarias y hoja siguiente (x 2.3); **B:** N. alpina. Estado temprano de cotiledones con vernación plegada. (x 5.8).

DISCUSION

Las especies en estudio, de acuerdo a la nueva clasificación infragenérica de *Nothofagus* de Hill y Read (1991), pertenecen a tres sub-géneros distintos. *Nothofagus dombeyi* se ubica en el sub-género *Nothofagus*, sect. *Nothofagus*; *N. alessandri* en el sub-gen. *Fuscaspora* y *N. alpina* en el sub-gen. Menziesospora. No obstante, la morfología de los cotiledones en las especies es similar, esto es, lámina de forma oblata, salvo en *N. alessandri* con una relación de largo/ancho algo mayor (forma suborbiculada; l/a = 1,2 a 1,4) (Tabla 1), pero dentro del mismo morfotipo de lámina elíptica. Esta misma forma se observa en otras especies de *Nothofagus* (Donoso, 1975) y *Fagus sylvatica* según Lubbock (1892). En *Quercus ilex*, en cambio, los cotiledones presentan una forma obovada angosta. En consecuencia, este caracter reforzaría las relaciones entre los géneros *Fagus* y *Nothofagus* sustentada por otros caracteres, tales como el tipo de plastidios de los vasos cribosos y proteínas del floema, modelos cariomorfológicos y secuencias de proteínas (Hill, 1992). Nuestras observaciones apoyan lo sustentado por Philipson (1988) con respecto a que los géneros de la subfamilia *Fagoideae*, *Nothofagus* y *Fagus*, parecen diferenciarse de todos los géneros de las subfamilias Castaneoideae y Quercoideae en la disposición opuesta del primer par de hojas primarias o protofilos y en la presencia de estípulas interpeciolares en ellas.

Las hojas primarias son más pequeñas que las hojas siguientes o nomófilos y en sus márgenes foliares se observan una gradación ontogenética en su serradura, con un aumento del número de dientes y una variación de la distancia entre ellos (Tabla 1).

En los primeros estados de desarrollo de los cotiledones de *N. alpina* y *N. dombeyi* observamos una vernación plegada, es decir, los cotiledones doblados a lo largo del nervio medio, caracter típico de las especies de *Fagus* (Fig. 3,C). De acuerdo a Hill (1992) la vernación plegada se encuentra en todas las especies deciduas de *Nothofagus* y se considera ancestral en el género.

Los antecedentes ya descritos corroboran una relación estrecha entre los géneros *Nothofagus* y *Fagus*, ambos ubicados en la subfamilia Fagoideae (Engler 1964, Takhtajan 1980, Cronquist 1981) y ponen un marco de duda en el reciente reconocimiento de Nixon (1984) y Jones (1986) de la familia monogenérica Nothofagaceae.

REFERENCIAS

BENOIT, I. (ed.). 1989. Libro Rojo de la Flora terrestre de Chile. 157 p. Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional Forestal.

CLASING, G. L. 1983. Germinación de frutos de raulí, *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst., bajo diferentes condiciones de temperatura y sustrato. Tesis Ing. Forestal, Univ. Austral de Chile, Valdivia.

CLIFFORD, T. 1987. Seedling characteristics of Australian native and naturalised species. In: P. Langkamp (ed.). Germination of Australian native plant seed. Inkata Press, Melbourne, Sydney, Australia.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL (ed.) 1985. Actas Simposio Flora Nativa Arborea y Arbustiva de Chile amenazada de extinción. Ministerio de Agricultura, República de Chile.

CRONQUIST, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press, New York.

DONOSO, C. 1975. Aspectos de la fenología y germinación de las especies de *Nothofagus* de la zona mesomórfica. Bol. Tec. 34. Fac. Ciencias Forestales, Universidad de Chile.

DONOSO, C. 1982. Reseña ecológica de los bosques mediterráneos de Chile. Bosque 4 (2):117-146.

ENGLER, A. 1964. Syllabus der Pflanzenfamilien. 2 : 49-51.

GUÉDES, M. 1972. Contribution à la morphologie du phyllome. Mém. Mus. Hist. Nat. Paris. B 21 : 1-180.

HALLÉ, F.; OLDEMAN , R.A.A. & TOMLINSON, P.B. 1978. Tropical Trees and Forests. An Architectural Analysis. Springer, Berlín.

HARPER, J.L. & WHITE, J. 1975. The demography of plants. Ann. Rev. Ecol. Syst. 5 : 419 - 463.

HICKEY, L.J. 1973. Classification of the architecture of dycotyledonous leaves. Amer J.Bot. 60 : 17 - 33.

HILL, R.S. 1992. *Nothofagus*: Evolution from a Southern Perspective. Trends in Ecology and Evolution 7 (6): 190-194.

HILL, R.S. & READ, J. 1991. A revised infrageneric classification of *Nothofagus* (Fagaceae). Bot. J. Linn. Soc. 105 : 37 - 72.

JONES, J.H. 1986. Evolution of the Fagaceae. The implications of foliar features. Ann. Mo. Bot. Gard. 73 : 228 - 275.

KUMMEROW, J. & LABARCA, C. 1961. Estudios sobre el fruto y la semilla de *Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Krasser. Phyton 17 (2): 205 - 210.

LUBBOCK, J. 1892. A contribution to our knowledge of seedlings. 1 : 11-13; 2 : 526-541. London.

MESA, A., 1985. La Conservación de la Flora. En: J.A. Martínez (ed.). Educación Ambiental. Hacia el desarrollo de una conducta ecológica en Chile. 219-257. Editorial Universitaria, Santiago (Chile).

MORENO, C. & RAMIREZ, C. 1976. Ensayo de algunas técnicas para la producción en vivero de plantas de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp.) et Endl.) Oerst. Tesis Ing. Forestal, Universidad de Chile, Santiago.

NIXON, K. 1984. A preliminary phylogenetic analysis of the Hamamelideae (Abstract). Amer. J. Bot. 71 (5, Part 2) : 111.

ORDOÑEZ, A. 1987. Germinación de las tres especies de *Nothofagus* siempre verdes (coigues) y variabilidad en la germinación de procedencias de coigue común, *Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst. Tesis Ing. Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

PHILIPSON, W.R. 1988. Seedling and shoot morphology of the New Zealand species of *Nothofagus* (Fagaceae). N.Z. J. Bot. 26 : 401 - 407.

RAUH, W. 1950. Morphologie der Nutzpflanzen. Quelle & Meyer. Heidelberg.

RICARDI, M.; HERNANDEZ, C. & TORRES, F. 1987. Morfología de plántulas de árboles de los bosques del Estado Mérida, Venezuela. 426 p. Talleres Gráficos Universitarios, Mérida.

RODRIGUEZ, R.; MATTHEI, O. & QUEZADA, M. 1983. Flora Arborea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción, Chile.

TAKHTAJAN, A. 1980. Outline of the Classification of flowering plants (Magnoliophyta). Bot. Rev. 46 (3) : 267.

TROLL, W. 1939. Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. Bd. I., 2. Teil. Berlin.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 49-56, 1994

PROSOPIS DEL DESIERTO CHILENO, MORFOLOGIA FLORAL Y SELECCION SEXUAL.*

R. VILLASEÑOR [1], H.TORO [2], E. CHIAPPA Y R.COVARRUBIAS [3]

ABSTRACT

The following species of *Prosopis* were studied in the Pampa del Tamarugal(1st Región) and Quillagua(2nd Region):*P.tamarugo* (tamarugo), *P.strombulifera* (fortuna), *P. burkartii* (churqui) and two species of "algarrobo". In all species three floral stages were recognized: 1st, blosson stage, 2nd stage of enclosed flower and 3rd stage of full open flower. Protoginy is observed from the 2nd stage as the stigma is exposed in the closed blosson. The intrasexual selection with addition of fitness in the male and female function, independently one from the other, has favoured an evolution of dicogamy in these species.

The presence of two species of "algarrobo" was noted: one is called *Prosopis flexuosa* and the other, *Prosopis alba* in the paper.

A large production of flowers with a great energy demand, but with a low production of fruits, can present at least 3 evolution trends :

a) with respect to the male sex,
1. an increase of male gametes, both in time and amount, due to the greater number of stamens exposed and to the gradual maturation of flowers starting from the base to the apical zone of the inflorescence.
2. bigger atraction of pollinators, due to a major visibility or to a greater reward in nectar.
This allows for a greater amount of pollen being carried about and can also better warranty the male fitness, in terms of a great number of fertilizations.

b) with respect to the female sex,
3. production of a far great number of flowers than it is possible to obtain fruit from. This originates a strong intrasexual pressure with an increase in fitness in the case of the first flowers to be fertilized. These, in turn, take up a lot of space and inhibit the coming zygotes, thus favouring the protoginic system.

Key words: Desertic zones, *Prosopis*, Morphology, Sexual selection.

INTRODUCCION

En el Desierto chileno (I y II Región) han sido descritas cuatro especies del género *Prosopis* (Serra y Gajardo 1988 b,c,d,e), altamente adaptadas a estos ambientes extremos, con grandes fluctuaciones térmicas, acusada aridez climática y substratos salinos en grandes extensiones.

Las adaptaciones en el sistema reproductivo (Solbrig y Cantino 1975), se manifiestan entre otros factores, por una gran cantidad de pistilos y de polen, que se traducen en la producción efectiva de un gran número de frutos, con lo cual aumenta mucho la probabilidad de su éxito reproductivo. Con respecto al elevado gasto de energía que significa la generación de gametos, flores y frutos en exceso, este sería justificado, aunque fuese en detrimento de otros procesos (Bateman 1948). Este último autor postula una selección sexual diferencial, en la que la adecuación (fitness) femenina está limitada por la capacidad de la madre de conseguir recursos suficientes para sus crias, mientras que la adecuación (fitness) masculina está limitada por su capacidad de realizar fertilizaciones.

El principio de Bateman implica que la selección por el cuidado parental está centrada regularmente en la madre, lo que causa diferenciación sexual en animales y plantas. Un corolario de este principio, es que la selección para las características florales será más intensa a través de los efectos sobre liberación de polen y éxito en la fertilización de óvulos, más que sobre la producción de semillas (Stanton et al 1986 en Campbell 1989).

La selección intrasexual puede operar restringiendo la cantidad de polen que es removido durante una visita del polinizador y extendiendo la duración de la presentación de polen en una flor. Ambas formas permiten más visitantes para remover polen e incre-

* Proyecto FONDECYT 90-0490

(1) Facultad de Ciencias, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación. Casilla 34-V. Valparaíso.Chile.
(2) Laboratorio de Zoología. Universidad Católica de Valparaíso Casilla 4059 Valparaíso.Chile.
(3) Instituto de Entomología. Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. Casilla 147 Santiago.Chile.

mentar con esto el número de potenciales fertilizaciones (Lloyds y Yates 1982).

La selección intrasexual por ganancia de fitness de la función masculina y femenina de manera independiente, ha promovido la evolución de muchas formas florales (Charlesworth et al 1987), una de estas formas es la dicogamia. Se ha postulado una protoginia para el género *Prosopis* (Burkart 1937, Hunziker et al 1986, Simpson et al 1977, Solbrig y Cantino 1975) que explicaría la gran variabilidad intraespecífica y además la existencia de individuos presuntamente híbridos (Genise et al 1990).

Las especies de *Prosopis* citadas, para esa zona desértica de Chile son *P. tamarugo* Phil.(tamarugo), *P. strombulifera*(Lam.)Benth (fortuna), *P.burkartii* Muñoz (churqui) (Muñoz 1971, Burkart 1976, Fflliot y Thome 1983 en Serra y Gajardo 1988 b; Picca et al 1990) y *P.flexuosa* DC (algarrobo) (Zallochi et al 1990). Esta última especie ha sido citada como *P. alba* Gris. (Rodriguez et al 1983, Trobok 1985) y *P. chilensis* (Mol.)Stuntz (Klein y Campos 1977, Bobadilla et al 1987).

En las zonas naturales de la Pampa del Tamarugal, en terrenos arenosos, estas especies conviven en forma sintópica; además, tamarugos y algarrobos han sido plantados en el salar de Pintados para la producción de frutos y follaje como alimento de ganado. Se ha postulado que *P. burkartii* tendría un origen en la hibridación de *P.tamarugo* y *P.strombulifera* (Burkart 1976, Picca et al 1990).

P.tamarugo es la especie que más se ha estudiado, particularmente la fisiología (Sudzuki 1969, Mooney et al 1980, Habit 1985), anatomía (Sudzuki 1985, Ulloa et al 1985), además de la producción de frutos y su utilización como alimento para ganado (Elgueta y Calderón 1971, Habit et al 1981, 1985, CORFO 1983) y su relación con los insectos que los atacan (Klein y Campos 1977, Bobadilla et al 1987). Existen algunos trabajos referidos a algarrobos en Chile, en cuanto a la estructura anatómica de su madera (Ulloa et al 1985) y acerca de la variación que presenta esta especie en el Norte de nuestro país (Zallochi et al 1990); los algarrobos argentinos han sido bién estudiados en su biología reproductiva (Solbrig y Cantino 1975, Simpson et al 1977, Palacios y Bravo 1981, Genise et al 1990). En cuanto a fortuna y churqui no conocemos más que la descripción de las especies en Chile y un estudio de la vitalidad del polen (Picca et al 1990).

Se ha considerado de gran interés el estudio del desarrollo floral en relación a la biología de la polinización (Toro et al 1993). El propósito del presente trabajo es hacer nuevos aportes al estudio de los estados de desarrollo floral y discutir su importancia para la biología reproductiva y la selección en las citadas especies del género *Prosopis*.

METODOLOGIA

En la Pampa del Tamarugal (I Región) y en Quillagua(II Región) se escogieron 10 individuos de *Prosopis tamarugo*, 10 individuos de algarrobo (*Prosopis* spp), 5 individuos de *P. strombulifera* y 3 individuos de *P. burkartii*. En ellos se identificaron 3 estadios florales, que coinciden con los estados 1, 2 y 4 de Genise et al (1990). Se colectaron inflorescencias en excursiones hechas en los meses de Julio y Octubre de 1990, Junio y Octubre de 1991 y Abril de 1992 y se fijaron en F.A.A. para su posterior estudio. Además se herborizaron ejemplares de las cuatro especies y se depositaron en el Herbario de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Playa Ancha, Valparaíso.

Los cortes histológicos se realizaron según Roth 1964. El estudio palinológico se realizó sobre anteras y polen secos, al microscopio óptico usando acetólisis (Pla Delmáu 1961), y al microscopio electrónico de barrido, en un JEOL JSM-25-SII. El estudio morfológico se hizo bajo lupa estereoscópica.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las especies de *Strombocarpa*: *P.tamarugo*, *P. burkartii* y *P.strombulifera*, las flores son sésiles y nacen en la axila de una bractea aleznada (Fig.1 a,b,c). La espiga, que se ubica sobre braquiblastos, tiene forma y tamaño diferente según la especie, con crecimiento indefinido y disposición helicoidal de las flores (Fig.2), esta disposición tiene algunas ventajas selectivas para la planta como son el mejor aprovechamiento del espacio en la inflorescencia, lo que permite el desarrollo de una mayor cantidad de flores y una buena adaptación a los insectos polinizadores y visitadores (Simpson et al 1977).

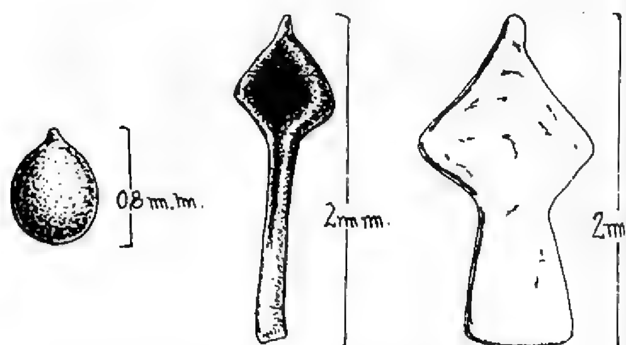


Fig.1. Brácteas florales en inflorescencias de a) *P.tamarugo*, b) *P.strombulifera* y c) *P.burkartii*

En estas especies se observa claramente diferenciados tres estados florales : Estado I de botón, Estado II de flor cerrada con estigma exserto y Estado III de flor abierta (Fig.3)



Fig.2. Disposición helicoidal de flores en *P. tamarugo* 2x

A continuación daremos la descripción de estos estados en *Prosopis tamarugo* y luego, algunas diferencias específicas.

Estado I : botón.- Cáliz campanulado, 5-dentado soldados hasta el ápice. Disco glandular con 5 nectarios poco desarrollados. Androceo de 5 estambres exteriores con filamentos del largo de la antera y 5 estambres interiores casi sésiles; anteras con células madres del polen. Gineceo fusiforme, sésil, ovario pubescente con numerosos óvulos parietales inmaduros, estigma sésil (Fig.3 a).

Estado II : flor cerrada.- Cáliz campanulado, 5 dentado; corola de 5 pétalos soldados casi hasta el ápice, por donde emerge el pistilo. Disco glandular con 5 nectarios desarrollados. Androceo de 10 estambres completamente desarrollados, anteras con una glándula sésil, de dehiscencia longicida, introrsas, polen maduro; filamentos flectados, los 5 estambres externos tienen los filamentos menos flectados que los 5 internos de tal manera que quedan en posición más elevada. Gineceo con ovario sobre un ginóforo que ha crecido, ovarios con saco embrional maduro (Villaseñor y Troncoso, en preparación); estilo desarrollado, tan largo como el ovario, exserto (Fig.3 b).

Excepcionalmente se encuentran inflorescencias con flores donde se abre la corola, con poco desarrollo, mostrando los estambres al mismo nivel que el pistilo.

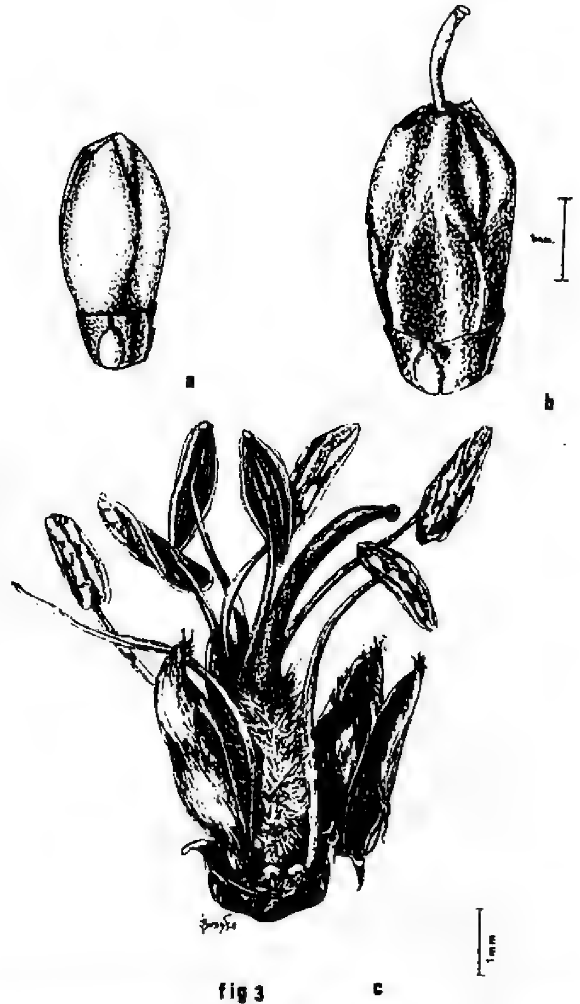


Fig.3. Estados florales en *P. tamarugo*: a) Estado I botón, b) Estado II flor cerrada, c) flor abierta

Estado III : flor abierta.- Cáliz campanulado, 5 dentado. Corola con 5 pétalos soldados en la base. Androceo con 10 estambres de filamentos largos, homodínamos, llegando más abajo que el estigma. Anteras dorsifijas con tecas abiertas. Polen 3 colporado, prolado; tectum esculpido es perforado, (Picca et al 1990). Pistilo sobre un ginóforo desarrollado, ovario con óvulos maduros, a veces encontrándose fecundados y con estados embrionales medianamente avanzados (Villaseñor y Troncoso, en preparación), estilo una vez y medio más largo que el ovario (Fig.3 c)

Diferencias específicas: La Tabla 1 muestra los caracteres observados que diferencian a estas especies. La clasificación y la descripción morfológica de los estados adultos de estas especies se encuentran en varios trabajos, resumidos en Serra y Gajardo (1988 b,c,e) (Fig.4 a-c, Fig.5 a-c y Fig.8-10)

TABLA 1.- CARACTERES MORFOLOGICOS FLORALES DE LAS ESPECIES DE *STROMBOCARPA* DEL DESIERTO CHILENO

Especies	Inflorescencia	Tipo y largo de bráctea	Tamaño flor	Cáliz	Corola	Androceo	Polen (vista ecuatorial)	Gineceo	Fruto (Trobok 1985)
Prosopis tamarugo	Espiga alarga da 3 a 6 cm de largo.	oblonga de 0.8 mm. caduca.	8 a 9 mm	Acampanado apenas dentado. 1 mm. sépalos amarillos.	Pétalos amarillos oblongos lineares 5 mm	Estambres amarillos 7.5 mm glándula sésil	Prolado colpo abierto tectum perforado 39.3 x 25.8 µ	8.5 mm	Legumbre subtorulosa castaño-rojiza 2.5 - 4 cm
Prosopis burkartii	Espiga corta 1.5 cm de largo	Romboidea aleznada 2 mm caduca	7 a 9 mm	Acampanado con 5 lóbulos. 4 mm Sépalos rojizos pubescentes	Pétalos oblongo-lanceolados 5 mm	Estambres con filamentos café-rojizo 8 mm glándula sésil	Prolado colpo plegado téctum verrucado 28.3 x 15.6 µ	8 mm	Legumbre torulada 1-2 roscas pubérulas blanco cenicientas 4.5 mm
Prosopis strombulifera	cabezuela 1.5 cm de diámetro	Coleariforme 2 mm perenne	5 a 7 mm	Acampanado 5 dentado sépalos con espículas en sus bordes	Pétalos oblongo-lineares con una mancha rojiza en sus extremos. glabros. 5mm	Estambres con filamentos rojizos 6 mm glándula sésil	Prolado-esferoidal tricolpo angular perturado téctum verrucado 19 x 16 µ	7 mm	Legumbre cilíndrica 5-12 roscas regulares amarillas 1.5 - 4 cm

Hemos observado tres poblaciones de *P. strombulifera* en la Pampa del Tamarugal, con individuos de 1 a 1,8 m; y una población al Norte de Copiapó (III Región) con individuos achaparrados; existen diferencias también en las espinas, hojas y frutos, lo que justificaría un estudio taxonómico cuidadoso basado en estas poblaciones chilenas y las de sus vicariantes argentinos.

Existe una gran variabilidad en los individuos de algarrobo, como lo plantean Zallochi et al (1990), al asignarlos a *P. flexuosa*; sin embargo, nos parece que las características de las hojas, flores y frutos, al menos indican con claridad la presencia de dos especies entre ellos, cada una con una gran variación en sus frutos. Se necesita un estudio más acabado de las características taxonómicas de los algarrobos del desierto chileno, ante la eventual existencia de especies endémicas chilenas como *P.atacamensis* Phil. (Palacios, en Serra y Gajardo 1988 d). Este estudio indicaría también el grado de hibridación natural o la presencia de especies de distribución vicariante como pueden ser P. alba var *panta* o *P. nigra* (Muñoz 1971), o *P. flexuosa* (Zallochi et al 1990).

Por el momento nos referiremos a los algarrobos de la zona en estudio, como de dos especies diferentes, uno *Prosopis flexuosa*, siguiendo a Zallochi et al (1990) y otro como *Prosopis alba* siguiendo a Rodriguez et al (1983) (Tabla 2) (Fig.6 y 7).

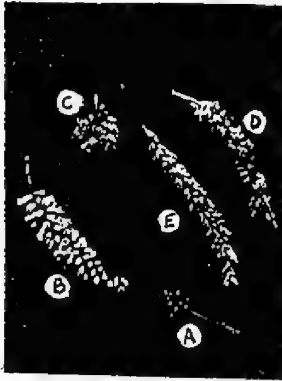


Fig.4. Comparación de Inflorescencias de a) *P. strom-bulifera*, b) *P.tamarugo*, c) *P.burkartii*, d) *P. flexuosa*, e) *P.alba*. 1/2 x

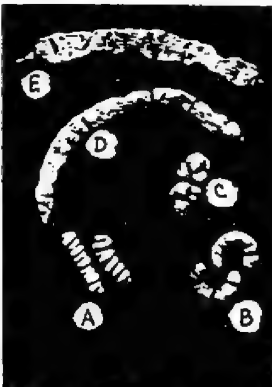


Fig.5. Comparación de frutos de a) *P. strombulifera*, b) *P. tamarugo*, c) *P. bur-kartii*, d) *P. flexuosa*, e) *P.alba*. 1/2 x


Fig.6. Rama florida y fruto de *Prosopis alba*


Fig.7. Rama florida y fruto de *Prosopis flexuosa*

En estas especies las flores son pedunculadas, dispuestas en un racimo alargado de tamaño variable, sin brácteas tectrices aparentes. Los tres estados descritos para *Strombocarpa* son reconocibles, pero en el estado II, aunque se observa un estilo exserto, la corola está abierta exponiendo a los estambres que son más cortos que el gineceo.

En la Tabla II se muestran las características de las dos especies tratadas. (Fig.4 d-e, Fig.5 d-e y Fig.11-12)

TABLA 2. CARACTERES MORFOLOGICOS FLORALES DE ALGAROBIA DEL DESIERTO CHILENO.

Especie	Inflorescencia	Tamaño Flor	Cáliz	Corola	Androceo	Polen (Vista ecuatorial)	Gineceo	Fruto (Trobok 1985)
Prosopis flexuosa	Racimo 6-8 cm largo	8 mm	Campanulado entero 1-1.3 mm	Pétalos lineares pubescentes en cara interna sin un mechón de pelos 5 mm	Anteras café-rojizas glándula pedunculada 7 mm	Esferoidal 31 x 24 µ colporado angular perturado Téctum verrucado	6.5 mm	Legumbre subfalcada 12-18 cm amarillos con manchas violetas artejos muy marcados
Prosopia alba	Racimo de 9-12 cm largo	6-6.5 mm	Campanulado 5 - dentado 2 mm	Pétalos lanceolados pubescentes en el tercio superior y terminados en un mechón de pelos	Anteras amarillas glándula sub-sésil 6 mm	Perprolado 43 x 17 µ colpo plegado en zona ecuatorial Téctum perforado	4 - 5 mm	Legumbre falcada anular o linear 12 - 25 cm amarillo-paja sin manchas artejo poco marcados

A diferencia de las especies de *Strombocarpa*, en que el ginóforo tiene una posición que pudiéramos llamar normal, en estas especies de *Algarobia*, se observa en posición hundida, mostrándose el disco glandular alrededor del tercio inferior del ginóforo.



Fig.8. Polen de *P.strombulifera*. vistas ecuatorial y polar. 1000 x

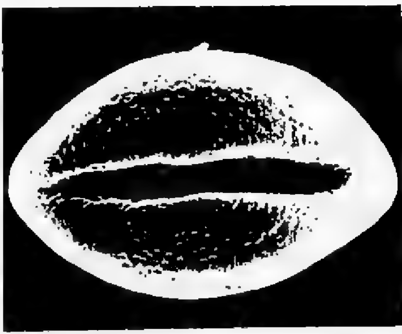


Fig.9. Polen de P.tamarugo. vista ecuatorial. 2000 x



Fig.10. Polen de P.burkartii. vista ecuatorial. 3000 x



Fig.11. Polen de P.flexuosa. vista ecuatorial. 2000 x



Fig.12. Polen de P. alba. vista ecuatorial. 2000 x

En el paso del estado I al II, el crecimiento del tálamo, formando un ginóforo, empuja al ovario, que junto con el desarrollo del estilo, permiten la exposición del estigma a pesar de que la flor está cerrada. Como en este estado el ovario está maduro, la flor es fecundable, originando la protoginia correspondiente. Este mecanismo ha sido descrito por varios autores (Burkart 1937, Hunziker et al 1986, Solbrig y Cantino 1975, Simpson et al 1977) lo que explicaría la gran variabilidad intraespecífica y además la existencia de individuos presuntamente híbridos. Genise et al (1990) la ponen en duda el estudiar tres especies de *Algarobia* en la provincia de Córdoba, Argentina.

Creemos que en el caso de los *Prosopis*, del desierto chileno, la protoginia realmente existe por los antecedentes histológicos de desarollo embrional y del nectario en las flores cerradas del estado II (Villaseñor y Troncoso en preparación). También son indicadores, en cierto modo, la presencia de insectos que visitan las flores cerradas para libar, como mariposas de los géneros *Cynthia* y *Leptotes*, o una avispa del género *Pachodynerus* que visita estos estados en busca de larvas de Lepidoptera y carga alguna cantidad de polen en su cuerpo (Chiappa y Rojas 1991) que pudiera polinizar a los estigmas expuestos.

Se ha señalado que las plantas producen más flores o polen que el requerido para asegurar la producción de semillas compatibles con los recursos disponibles (Charlesworth et al 1987). Este fenómeno también ha sido observado y medido por nosotros (Tabla 3) y se compara a datos encontrados por otros autores, como se observa en la Tabla 4.

TABLA 3. NUMERO DE FLORES POR INFLORESCENCIA EN CADA ESTADO Y DE FRUTOS VERDES POR INFRUTESCENCIA EN *PROSOPIS TAMARUGO*.

	ESTADO I	ESTADO II	ESTADO III	FRUTOS VERDES x INFRUTESCENCIA
X	81	81	53	12
d.s.	23	21	21	7
Max	130	126	105	69
Min	26	26	18	3
Suma	6752	6711	4516	1484
N° inflorescencias	80	80	80	120

TABLA 4. PROMEDIOS DE FLORES Y FRUTOS EN *PROSOPIS*, SEGUN OTROS AUTORES.

P R O M E D I O

	FLORES ARBOL	FRUTOS INCIPIENTES	FRUTOS MADUROS	
				(Solbrig Cantino 1975)
P.flexuosa	56.000	145	4,04	Argentina
P.chilensis	46.000	70,1	4,00	Argentina
P.velutina	111.461	-	73,00	USA
				(Salvo 1986)
P.chilensis	4.187	-	5,35	Chile

	MEDIA FLORES x INFLORESCENCIA	MEDIA FRUTOS x INFLORESCENCIA	
			(Simpson et al 1977)
P.chilensis	279	1,65	Argentina
P.flexuosa	209	1,66	Argentina
P.velutina	263	2,15	USA

La gran cantidad de flores y la pequeña producción de frutos, significaría que existe una gran pérdida de cigotos que no llegan a madurar (Simpson et al 1977). Se ha sugerido que algunas plantas pueden producir muchas flores que "no tienen intención" de producir semillas, simplemente para contribuir a la atracción global de los polinizadores, con la que se beneficiarían las flores funcionales (Schwske 1980 en Stearns 1987). Esta producción de flores en exceso, con un gran costo energético puede tener a lo menos tres consecuencias coevolutivas de primera magnitud, o sea un caracter seleccionado en favor de algunos de estos factores:

a) en la parte masculina,

1) incremento en cantidad y en el tiempo, de gametos masculinos por el mayor número de estambres expuestos y por la prolongación de esta fase dada por la maduración gradual de las flores desde la base a la zona apical de la flor.

2) lograr una mayor atracción de polinizadores, por mayor visibilidad o recompensa en nectar, que teniendo menos elementos florales.

Esto permite un mayor transporte de polen y puede asegurar mejor la adecuación (fitness) masculino, en cuanto a una gran cantidad de fertilizaciones.

b) en la parte femenina,

3) la inflorescencia se ve notablemente afectada, con aparición de un gran número de flores de las que es posible obtener frutos. Lo anterior origina una fuerte presión intrasexual con ganancia de adecuación (fitness) para las primeras flores fecundadas, que no dejan espacio e inhiben a los cigotos posteriores.

Se produce entonces, una competencia entre los cigotos que deben ser eliminados, lo que es explicado a través de la llamada hipótesis de "Selección-arena", que se plantea como uno de los mecanismos por el cual la selección parental influye en la calidad de la descendencia (Stearns 1987). En esta competencia por espacio y selección de las primeras flores fecundadas, el caracter de protoginia se ve como altamente favorable.

AGRADECIMIENTOS.

A la Srta. Cármen Paz Troncoso, por los preparados histológicos, a los Srs. Cristián Bonansco y Francisco Villaseñor que confeccionaron las figuras y al Sr. José Morillas que hizo los preparados para el microscopio electrónico.

REFERENCIAS

BATEMAN,A.J.1948. Intrasexual Selection in Drosophila. Heredit. 2: 349-368.

BOBADILLA,D.,R.CORTES & H.VARGAS.1987. Estudio de insectos que atacan el Tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil) y Algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz. Informe FAO - PNUD-UTA. Universidad de Tarapaca. 168 pp.

BURKART,A.1937. Estudios morfológicos y etológicos en el género *Prosopis*. Darwiniana. 3: 27-47.

BURKART,A.1976. A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae). J.Arnold Arbor. 57(3): 219-525

CORFO.1983. Actividades forestales y ganaderas en la Pampa del Tamarugal, 1963 - 1983. Tomo I. Aspectos generales y forestales.

CHARLESWORTH,D., D.W.SCHEWSKE & V.L.SORK. 1987. The evolution of plant reproductive characters: Sexual versus natural selection. In: The evolution of sex and its consequences. Experiencia Suplementarum. Vol 55, 403 pp. Ed. by S.C. Stearns. Birkhauser Verlag.

CHIAPPA,E. & M.ROJAS.1991. Observaciones en la nidificación de *Pachodynerus peruensis* (Saussure) (Hymenoptera: Vespidae: Eumeninae). Rev.Chil.Ent. 19: 45-50

CAMPBELL,D.1989. Measurement of selection in a hermaphroditic Plant: Variation in male and female pollination sucess. Evolution 43(2): 318-334.

ELGUETA,H. & S.CALDERON.1971. Estudio del Tamarugo como productor de alimento del ganado lanar en la Pampa del Tamarugal. Informe Técnico N°38. Instituto Forestal de Chile. Stgo. 33 pp.

GENISE,J., A.PALACIOS, P.S.HOC, R.CARRIZO, L.MOFFAT, M.P.MOM, M.A.AGUILO, P.PICCA & S.TORREGROSA.1990. Observaciones sobre la biología floral de *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoidea) II. Fases florales y visitantes en el distrito chaqueño serrano. Darwiniana 30 (9-4): 71-85.

HABIT,M., D.CONTRERAS & R.M.GONZALEZ.1981. *Prosopis tamarugo*: arbusto forrajero para zonas áridas. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal N° 25, 143 pp.

HABIT,M.(Ed.).1985. Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. UTA. CONAF. Public. FAO, Stgo. 483 pp.

HUNZIKER,J.M., B.O.SAIDMAN, C.A.NARANJO, R.A.PALACIOS, L.POGGIO & A.D.BURGHANDT.1986. Hybridization and genetic variation of argentine species of *Prosopis*. For Ecol. Manage. 16: 301-315.

KLEIN,C. & L.E.CAMPOS.1977. Biocenosis del tamarugo (*Prosopis tamarugo*), con especial referencia a los Artrópodos fitófagos y sus enemigos naturales. Zetsch.f.augen.Entomologie 85(1):86-108

LLOYD,D. & J.YATES.1982. Intrasexual selection and the segregation of pollen and stigmas in hermaphrodite plants, exemplified by *Wahlenbergia albomarginata* (Companulaceae). Evolution 36(5): 903-913.

MOONEY,H.A., S.L.GULMON, P.W.RUNDEL, J.EHLERINGER.1980. Further observations on the Water Relations of *Prosopis tamarugo* of the Northern Atacama Desert. Oecología 44: 177-180.

MUÑOZ P.,C.1971. Una nueva especie de *Prosopis* para el norte de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. Chile 32: 363-370.

PALACIOS,R.A. & L. BRAVO.1981. Hibridación natural en *Prosopis* (Leguminosae) en la región chaqueña argentina. Evidencias morfológicas y cromatográficas. Darwiniana, 23(1): 3-35.

PLA DELMAU,J.M.1961. Polen. Talleres Gráficos D. C. P. Gerona, 511 pp.

PICCA,P., M.A.AGULLO, R.A.PALACIOS & P. S. HOC.1990.Pollen vitality and Morphology in three *Prosopis* species. Bull. I.G.S.M. 124-134.

RODRIGUEZ,R., O.MATHEI & M.QUEZADA.1983. Flora arbórea de Chile. Ed. Universidad de Concepción. 408 pp.

ROTH,I.1964. Microtécnica Vegetal. Fac. Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

SALVO,B.1986. Estudio de la floración y desarrollo de los frutos en Algarrobo (*Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz) Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile.

SERRA,M.T. & R.GAJARDO.1988a. Fichas técnicas de especies amenzadas *Prosopis chilensis* (Mol.) Stuntz emd. Burkart "Algarrobo". Especie vulnerable. Universidad de Chile. Dto. Silvicultura. CONAF. 24 pp.

SERRA,M.T. & R.GAJARDO.1988b. Fichas técnicas de especies amenzadas *Prosopis tamarugo* Phil. "Tamarugo". Especie vulnerable. Universidad de Chile. Dto. Silvicultura.CONAF. 20 pp.

SERRA,M.T. & R.GAJARDO.1988c. Fichas técnicas de especies amenzadas *Prosopis burkartii* Muñoz. Especie vulnerable. Universidad de Chile. Dto. Silvicultura CONAF. 19 pp.

SERRA,M.T & R.GAJARDO.1988d. Fichas técnicas de especies amenzadas *Prosopis alba* Griseb "Algarrobo de Canchones". Especie vulnerable. Universidad de Chile. Dto.Silvicultura CONAF. 22 pp.

SERRA,M.T. & R.GAJARDO.1988e. Fichas técnicas de especies amenzadas *Prosopis strombulifera* (Lam.) Benth "Retortón". Especie vulnerable. Universidad de Chile. Dto. Silvicultura CONAF. 19 pp.

SIMPSON,B.B,,J.L.NEFF & A.R.MOLDENKE.1977.*Prosopis* flowers as resource. In Mesquite. Its Biology in two Desert Ecosystems ed. B.B. Simpson. Hutchinson and Ross Inc. Stradsburg.

SOLBRIG,O. & Ph.CANTINO.1975. Reproductive adaptations in *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae). Journal of the Arnold Arboretum 56 (2): 185-210.

STEARNS,S.C.1987. The selection-arena hypothesis. In: The evolution of sex and its consequences. Ed. S.C. Stearns. Experiencia Suplementum Birkhauser. Verlag. Vasel-Borton, 55: 337-359.

SUDZUKI,F.1969. Absorción foliar de agua atmosférica en tamarugo. Bol.Tec.Est.Exp.Agron. U.Chile 37: 3-32.

SUDZUKI,F.1985. Influencia del medio ambiente sobre la anatomía foliar de *Prosopis tamarugo* Phil., en Habit (Ed.). Estado actual del conocimiento *sobre Prosopis tamarugo*. FAO. Stgo. pp: 311-322.

TORO,H.,CHIAPPA,E.,COVARRUBIAS,R. VILLASEÑOR. 1993. Interrelaciones de polinización en zonas áridas del norte de Chile. Acta chilena de Entomología 17: 1-10.

TROBOK,S.1985. Morfología de frutos y semillas de *Prosopis* (Fabaceae, Mimosoideae) chilenos, en Habit (Ed). Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. FAO. Stgo. 483 pp.

ULLOA,A., R.ROSENDE, J.DONOSO & E.CUEVAS.1985. Estructuras anatómicas y características organolépticas del Tamarugo (*Prosopis tamarugo* Phil) y Algarrobo (*Prosopis alba* Gris) de la Pampa del Tamarugal, en Habit (Ed). Estado actual del conocimiento sobre *Prosopis tamarugo*. FAO Stgo. pp: 258-262.

ZALLOCHI,E.M., R.PALACIOS & M.BRIZUELA.1990. Interpopulation variation in *Prosopis flexuosa* DC. from Northern Chile. Bull.I.G.S.M. 18:135-149.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 57-80, 1994

CECIDIOS EN VEGETACION AUTOCTONA DE CHILE DE CLIMA MEDITERRANEO

CARLOS NUÑEZ Y FRANCISCO SAIZ

ABSTRACT

The formation of cecidia (galls) is relevant among the ecological relationships between plants and between plants and animals. Such galls are considered as abnormal vegetable growths (hostess) resulting from the activity of insects, usually inmatures, and other organisms (hosts).

This phenomenom has been studied in Europe since the XVII century, and here, in Chile, since the beginning of the present century.

The objectives of the study are: a) to establish the identity of gall's host-hostess couple developped in the endemic vegetation from mediterranean-climate region of Chile, b) to characterize macromorphologically the observed galls, c) to elaborate a previous tipology of galls detected, and d) to establish the importance of different taxa of hostess and hosts detected. The study was made since September 1987 through September 1989.

The main conclusions are: It was observed a total of 86 different types of galls, from which 32 had not been described in the bibliography reviewed. The galls were distributed in 53 vegetal species that belong to 21 families, among which Asteraceae and Myrtaceae are the most relevant.

From the aerial parts of the hostess analized, leaf and stem or branch are the more affected, mainly by Diptera, Homoptera (insects), and Eriophyidae (Acari). Each group of host presents an evident preference for determined parts of the hostess, implying a certain degree of specialization.

The most frequent types of galls, according to the Mani's clasification (1964), are the lysenchyme type in stem and the filzgall and pouch type in leaf.

Key Words: Gall, hosts, Endemic vegetation, Insecta, Acari, Chile.

INTRODUCCION.

Dentro de las relaciones ecológicas entre plantas y animales y entre plantas, destaca una cuyo efecto es la formación de estructuras particulares denominadas agallas o cecidios. Ellos son formaciones atípicas producidas en la planta (hospedero) como consecuencia de la interacción con un huésped animal (cecidiozoo) o vegetal (cecidiófito), causante de la excitación o estímulo que provoca la reacción del hospedero (Font Quer 1963, Mani 1964, Strasburger 1963, Ananthakrishnan 1984).

Los cecidios ya fueron estudiados en el siglo XVII por Malpighi y por Réaumur en el s. XVII, quienes básicamente hacen macrodescripciones (Meyer y Maresquelle 1983). Actualmente se investiga sobre la relación entre hospedero y huésped y la forma de dispersión de estos últimos (Mani 1964, Hartnett y Abrahamson 1979, Mills 1984, Cornell 1985), sobre taxonomía (Houard 1933, Felt 1965), sobre aspectos bioenergéticos (Stinner y Abrahamson 1979) y sobre control biológico por parasitoides e hiperparásitos (Hopper 1984, Bo Stille 1984).

En Chile, su estudio se inicia a principios del siglo XX. En una primera etapa, la atención se centró en la descripción de las características morfológicas del huésped, en su clasificación taxonómica (Kieffer 1900 a y b, Ebel 1924 y 1928, Porter 1926 a, b, c y 1929, Brèthes 1926, Oyarzún 1928, Blanchard 1938, Drathen 1954) y en la macrocaracterización externa de los cecidios (Neger 1900, Porter 1928 a y b, Stuardo 1929, Houard 1933). Posteriormente, los estudios se han dirigido principalmente a la determinación de los ciclos biológicos de los huéspedes y a aspectos bioquímicos de los cecidios (Cartagena y Solervicens 1981, Aljaro et al 1984, Flores 1991).

Laboratorio de Ecología. Universidad Católica de Valparaíso. Casilla 4059, Fax 212746, Valparaíso, Chile.

Dada la importancia de la cecidiogénesis como fenómeno biológico, los antecedentes expuestos y la poca información existente al respecto referida a Chile, es que hemos desarrollado esta investigación, con los siguientes objetivos:

1.- Establecer la identidad de la dupla huésped-hospedero de los cecidios desarrollados sobre vegetación autóctona de Chile de clima mediterráneo.

2.- Caracterizar macromorfológicamente los cecidios detectados y confeccionar una tipología preliminar de ellos.

3.- Establecer las importancias relativas de los taxa de hospederos y huéspedes en el elenco de cecidios detectados.

ANTECEDENTES SOBRE EL PROBLEMA

A.- De los hospederos.

Según Mani (1964), la mayor incidencia de cecidios se concentra en las Dicotiledóneas (88.9%), seguidas por las Monocotiledóneas (8.9%), siendo compartido por Cryptógamas y Gimnospermas el 2.2% restante.

Dentro de las Dicotiledóneas, la frecuencia relativa de las familias afectadas es variable según la zona del mundo de que se trate. En Norteamérica y Europa los cecidios son más abundantes en Compositae (50%) y Fagaceae (20%). En Sudamérica, parte de Africa y en la India, el fenómeno es más frecuente en Leguminosae (Mani 1964). Las informaciones para Chile, previas a este trabajo, indican que la mayor incidencia se observa en Compositae (30.5%) y Fagaceae (13.5%) (Houard 1933, Cartagena y Solervicens 1981, Aljaro et al 1984).

A la diversidad de familias vegetales comprometidas hay que agregar la multiplicidad de partes o sectores afectados. De acuerdo a Mani (1964), las zonas más afectadas del vegetal son las hojas (65%), seguidas de las ramas (19%), botones (10%), flores (4%), frutos (1%) y raíces (1%).

B.- De los huéspedes.

Los huéspedes constituyen un grupo funcional de amplio espectro taxonómico, clasificándoseles en dos grandes subgrupos:

a) cecidiófitos, que incluyen a bacterias, algas, hongos y algunas fanerógamas parásitas, pero con preeminencia de los hongos

b) cecidiozoos, los más numerosos, incluyendo 2 fila, 2 clases de artrópodos y 6 órdenes de insectos (Mani 1964).

De los cecidiozoos, los más estudiados son los ácaros y los insectos que afectan la parte aérea de los vegetales.

En Acarina destacan las familias Tarsonemidae y Eriophyidae, siendo la segunda la de mayor incidencia con más de 500 especies formadoras de cecidios (Meyer y Maresquelle 1983).

Entre los insectos destacan los órdenes Thysanoptera (básicamente Phlaeothripinae); Heteroptera (Tingidae, escasos); Homoptera (principalmente Psyllidae, Pemphigidae, Phylloxeridae y Coccidae); Coleoptera (principalmente Curculionidae, algunos Buprestidae en raíces); Hymenoptera (Tenthredinoidea, Cynipoidea y Chalcidoidea concentran a la mayoría de las especies cecidiogénicas o entomófagas de huéspedes); Lepidoptera (más de 100 especies) y Diptera (fundamentalmente Cecidomyiidae y Tephritidae) (Grassé 1951, Bonnemaison 1964, Mani 1964, Felt 1965, Borror y DeLong 1976, Ananthakrishnan 1984). En Chile destacan los órdenes Diptera (50.8%) y Homoptera (32.2%) (Houard 1933, Cartagena y Solervicens 1981, Aljaro et al 1984).

C.- Cecidiogénesis y Especificidad de los cecidios.

Si bien los cecidios se originan como defensa de la planta, en el corto plazo la mayoría de los huéspedes logran revertir el crecimiento del cecidio en su propio beneficio (Abrahamson y Weis 1987). Estos autores plantean que la mejor defensa de la planta contra este tipo de huéspedes sería no reaccionar y no encapsularlos, ya que no pueden vivir sin inducir el cecidio.

La inmensa mayoría de los cecidios está directamente relacionada con tejidos meristemáticos, cuya lesión produce alteraciones en el desarrollo de la planta, afectando incluso a su potencial reproductivo (Mani 1964, Meyer y Maresquelle 1983, Ananthakrishnan 1984, Frankie y Morgan 1984, Abrahamson y Weis 1987, Weis et al 1988). La naturaleza de este tejido y las diferentes morfologías del aparato ovopositor y/o de las estructuras bucales de los huéspedes, hacen que estos últimos presenten grados de preferencia por sectores específicos de la arquitectura del vegetal, especialización favorecida por la competencia interespecífica (Houard 1933, Mani 1964, Felt 1965, Abrahamson y Weis 1987, Weis et al 1988).

El inicio de la cecidiogénesis no se conoce con exactitud. En Acaros e Insectos se relaciona con la ovoposición, de cuya eficiencia depende la supervivencia larval y los sucesos reproductivos del huésped adulto. Ello se logra con la especialización en el tiempo y en la ubicación del lugar de postura y con la preferencia por tejidos indiferenciados (Mani 1964, Ananthakrishnan 1984, Abrahamson y Weis 1987, Weis et al 1988). Ello explicaría el aparecimiento de cecidios en más de una oportunidad dentro de un mismo año, si ocurre desarrollo de tejido meristemático (observaciones personales).

Weis et al (1988) agregan factores como la eficiencia diferencial de crecimiento, la sobrevivencia de la postura, la vulnerabilidad del huésped a enemigos naturales en los cecidios mismos o en etapas previas a la postura, especialmente la sobrevivencia de la hembra entre un lugar y otro de postura y el tipo de postura (individual, colectiva). Frankie y Morgan (1984) sostienen que la edad del hospedero es importante en la susceptibilidad a la formación de cecidios, haciéndose menor a mayor edad.

A pesar de la gran cantidad de investigaciones sobre la cecidiogénesis, aún no hay certeza sobre los elementos que desencadenan el proceso, pero si hay coincidencia en que sería un estímulo de tipo químico, proporcionado por el huésped (Mani 1964, Felt 1965, Meyer y Maresquelle 1983, Abrahamson y Weis 1987, Weis et al 1988). Para Ananthakrishnan (1984) se sumarían los efectos del daño físico provocado por la actividad alimentaria o de ovoposición.

Entre los compuestos químicos que cumplirían tal rol se señala a auxinas o sus precursores, citoquininas y adeninas sustituídas. Cornel (en Abrahamson y Weis 1987) sugiere que partículas de DNA en forma de virus o elementos traspasables, como plásmidos, pudieran estar involucrados, además de las secreciones químicas. Se han aislado sustancias de glándulas larvarias o de líquidos inyectados en los lugares en que han picado insectos, las que provocan desórdenes en las estructuras vegetales, similares a los observados en el proceso de cecidiogénesis (Cornell 1983, en Abrahamson y Weiss 1987). Sin embargo, la formación y desarrollo de los cecidios en forma ordenada, requiere la presencia permanente del agente inductor (Kühnelt 1969).

Desde el inicio de la cecidiogénesis se establece un juego de acciones y reacciones entre huésped y hospedero, resultado de lo cual se produce un encierro parcial o total del huésped, el que crece, se desarrolla y alcanza un determinado grado de madurez dentro del cecidio (Ananthakrishnan 1984). El proceso puede conducir a la muerte del huésped o a su desarrollo parcial o total; en este último caso se forma la estructura característica del cecidio maduro, del cual emerge el huésped adulto o un estado intermedio que completa su ciclo en otro ambiente.

Activada la cecidiogénesis, se producirían 3 grupos de procesos básicos: inhibición, hipertrofia y procesos adaptativos. La inhibición provocada por el huésped puede revelarse a nivel histológico y a nivel órgano-genésico (Meyer y Maresquelle 1983). Abrahamson y Weis (1987) plantean que además se produce hipoplasia, la que habitualmente es seguida por hipertrofia celular, hiperplasia y metaplasia (rediferenciación celular en tejidos típicos del cecidio). Como consecuencia, se realiza la morfogénesis del cecidio (Meyer y Maresquelle 1983), generando gran diversidad de formas, incluso dentro de un mismo hospedero. Ello confirma la participación de exitantes específicos producidos por el huésped (Strasburger 1963), con acción localizada en tejidos diferenciados, transformándolos en tejidos meristemáticos, o bien directamente sobre éstos últimos (Ananthakrishnan 1984).

El rol del huésped en la cecidiogénesis se evidencia en que los cecidios adoptan ciertos rasgos característicos según el huésped que los provoca, siendo posible que en un mismo hospedero y/o sector, se formen diferentes tipos de cecidios por diferentes huéspedes (Essig 1958). Igualmente, la participación del hospedero se demuestra comparando cecidios con morfologías similares, que son el resultado de huéspedes tan diversos como hongos, nemátodos, ácaros y avispas por ejemplo (Abrahamson y Weis 1987).

Mani (1964) señala que la cecidiogénesis, especialmente de los zoocecidios, comprende tres fases : a) fase inicial o temprana, iniciada con la ovoposición del huésped, con desarrollo ya sea insignificante o pronunciado; b) etapa de caracter trófico, donde el huésped obtiene su alimento directamente del vegetal, la cual finaliza con la maduración del cecidio; y c) fase post-trófica, en que el huésped se prepara para salir al exterior. En esta fase, la cual no siempre existe, el huésped puede permanecer en el cecidio e hivernar, estivar o bien permanecer como pupa y completar su metamorfosis (Mani 1964, Ananthakrishnan 1984).

La sincronización del ciclo de vida del huésped con la fenología de la planta hospedera es factor decisivo para la cecidiogénesis, pero no menos impor-

tante es la sincronización de eventos y mecanismos que facilitan el escape del huésped, ya que de ello depende su dispersión (Ananthakrishnan 1984).

Cualquiera sean las características de los cecidios, éstos proporcionan al huésped al menos 3 elementos: a) un seguro y contínuo recurso trófico durante su período de desarrollo, o por lo menos durante gran parte de él; b) un refugio contra factores abióticos, y c) protección contra eventuales enemigos naturales (Abrahamson y Weis 1987, Ananthakrishnan 1984). Microclimáticamente, el cecidio aporta un ambiente altamente húmedo y constante que minimiza la desecación, especialmente durante los períodos adversos (Mani 1964). A ello debería agregarse la ubicación del cecidio en las zonas menos visibles, la generación de sustancias desagradables a los enemigos en el entorno del cecidio, la liberación de resinas y la simbiosis entre el cecidio y algunos hongos (Abrahamson y Weis 1987).

La planta, por su parte, se ve afectada en cuanto a la distribución de sus nutrientes, ya que parte de ellos tendrá que cederlos al huésped, dependiendo su magnitud de la posición y sitio específico en que se forme el cecidio (Abrahamson y Weis 1987).

D.- Clasificación de los tipos de cecidios

Para clasificar los cecidios se han utilizado diferentes criterios. Thomas (1873, en Mani 1964 y Meyer y Maresquelle, 1983) lo hace de acuerdo a la ubicación del cecidio en las ramas en Acrocecidia y Pleurocecidia. Felt (1965), se basa en los sectores afectados de la planta, la forma externa y el número de cavidades. Kuster (1911, en Meyer y Maresquelle 1983), según las características morfogenéticas de los cecidios crea las categorías de Histoides (Prosoplasmáticos y Cataplasmáticos) y Organoides. Strasbueger (1963), basándose en el grado de malformación que logra producir el cecidio en el vegetal, establece dos categorias: Histoides y Organoides.

Nosotros seguiremos la clasificación de Mani (1964), expuesta a continuación, porque considera simultáneamente la forma, la posición del cecidio y el proceso de cecidiogénesis:

1) Piloso (Filzgall).- Cecidios con apéndices externos de tipo piloso, los que lo cubren total o parcialmente, como la erinosis provocada por Eriophyidae. El huésped se ubica externamente al tejido.

2) De pliegue o enrollamiento (Fold and roll galls).- Formados por pliegue o enrollamiento total o parcial de la lámina o el márgen de las hojas, encapsulando de esta forma al huésped.

3) Bolsillo (Pouch gall).- Cecidio que compromete la lámina de la hoja, de manera que por el haz se presenta una evaginación y una invaginación por el envés. El huésped queda incluido en la cavidad que se forma por la invaginación, aislándose total o parcialmente del exterior.

4) Cecidio de Krebs (Krebs gall).- Se caracterizan por un enorme crecimiento en espesor. El huésped está permanentemente fijado a la parte externa de la epidermis y, producto de intensa proliferación celular de ésta, se producen formas irregulares, globosas o tipo racimo de uvas, con crecimiento de tejido consistente y espeso.

5) Envolvente (Covering gall).- El cecidiozoo, de ubicación externa, provoca el crecimiento del tejido patológico a su alrededor, llegando incluso a encerrarlo en su interior.

6) Lisenquimática (Lysenchyme gall).- El tejido de la planta, en contacto con el huésped, se disuelve de tal forma que se produce la separación del tejido bajo el huésped, generando una pequeña cavidad en la cual penetra. La abertura de esta cavidad comúnmente puede quedar cerrada por crecimiento y fusión de tejido.

7) (Mark gall).- El huésped está dentro del tejido de la planta desde el inicio del desarrollo del cecidio y el tejido neoplásico se desarrolla a todo su alrededor.

METODOLOGIA.

Se estudian los cecidios encontrados en la parte aérea de la vegetación nativa de Chile de clima mediterráneo (di Castri 1968), anotándose la identificación específica del hospedero y el sector afectado (hoja, tallo, botón o flor).

Para la descripción de los cecidios se consideró un mínimo de 20 ejemplares, excepto en los de hojas, en cuyo caso se recolectó un mínimo de 15 hojas afectadas, con cecidios en el mayor estado de madurez posible.

Parte del material recolectado fué aislado en recipientes de vidrio a fin de obtener huéspedes y/o parasitoides adultos. A los cecidios restantes se les

midió su longitud y su ancho o diámetro, para posteriormente establecer un promedio para cada nivel de medición.

Este material se disectó a fin de determinar: a) características internas: número y forma de las cavidades, consistencia y espesor de la pared, etc., y b) características del huésped o de los parasitoides: identificación taxonómica lo más precisa posible, número, estado de desarrollo.

El estudio se realizó en el período comprendido entre septiembre de 1987 y septiembre de 1989, con intervalos base de un mes, haciéndose más frecuentes durante los períodos de desarrollo vegetativo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En total se detectaron 53 especies vegetales portadoras de cecidios (terreno y bibliografía), distribuídas en 21 familias. En este conjunto de especies se han reconocido 86 diferentes cecidios.

Desde el punto de vista de los huéspedes, sólo se consideran 84 tipos de cecidios, eliminándose uno por no encontrarse el huésped y, otro, de la bibliografía, indicado sólo como insecto. Por otra parte, es importante destacar que, en algunos casos, es difícil establecer si el cecidio detectado en terreno está o no descrito, debido a falta de suficientes antecedentes en la literatura.

La denominación de los vegetales está de acuerdo a Marticorena y Quezada (1985), Rodríguez, Matthei y Quezada (1983) y Navas (1976)

Este estudio no pretende ser exhaustivo de todos los hospederos y huéspedes formadores de cecidios de Chile, sino un acercamiento sustancial hacia los de Chile de clima mediterráneo.

A.- DESCRIPCIONES DE LOS CECIDIOS DE LA VEGETACION CHILENA ESTUDIADA.

Las descripciones que no mencionan autor corresponden a resultados de este trabajo. Si junto al nombre de un autor va la expresión " y terreno", significa que también ha sido estudiada durante el desarrollo de esta investigación. El tamaño promedio medido en terreno se abrevia TPT. Los dibujos de los cecidios están hechos directamente de fotos.

1.- *Acacia caven* (Mol) Mol., Espino.
Cecidio de aspecto cilíndrico (Fig.1). Se desarrolla principalmente sobre ramas, secundariamente en hojas y espinas. La cavidad interior es irregular, con seudo-tabicaciones y estructuras filamentosas entre las cuales se desarrolla gran número de huéspedes (Eriophyidae). TPT: 1.15 mm de diámetro en la base y 1.0 mm de altura.



Fig.1. Cecidio en rama de *Acacia caven.*

2.- *Adesmia arborea* Bert.
Cecidio de tallo o rama, fusiforme. Cavidad interior única, fusiforme, con un solo huésped (Lepidoptera). TPT: 5.0 mm de diámetro y 20.0 mm de largo.

3.- *Azara celestrina* D. Don., Lilén.

1) Cecidio de hoja, lenticular, violáceo, principalmente sobre la nervadura; presenta una abertura obstruída en la parte superior. Cavidad interior irregular con varios huéspedes (Eriophyidae). TPT: 1.5 mm de diámetro y 1.0 mm de alto.

2) (Houard 1933). Cecidio foliar. Ver N°4. Huésped: Eriophyidae.

4.- *Azara serrata* Ruiz y Pav., Corcolén.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Mechones de pelos situados en las axilas de los nervios de cara inferior la hoja. Huésped: *Erineum azaroe* Neger. Eriophyidae.

5.- *Azara microphylla* Hook. f.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Ver N° 4. Huésped: Eriophyidae.

6.- *Baccharis concava* (R. et P.) Pers.
1) (Cartagena y Solervicens 1981 y terreno). Cecidio de tallo o rama, fusiforme o esférico (Fig.2). Cavidad interior única con un solo huésped. TPT: 18.0 mm de diámetro y 24.5 mm de largo. Huésped: *Orsotricha venosa* (Butler), Lepidoptera.
2) Cecidio de hoja, cilíndrico, la parte superior con pilosidad morada. Cavidad interior con varias tabicaciones incompletas, en ella se encuentra gran cantidad de huéspedes (Eriophyidae). TPT: 2.5 mm de diámetro y 4.5 mm de altura.

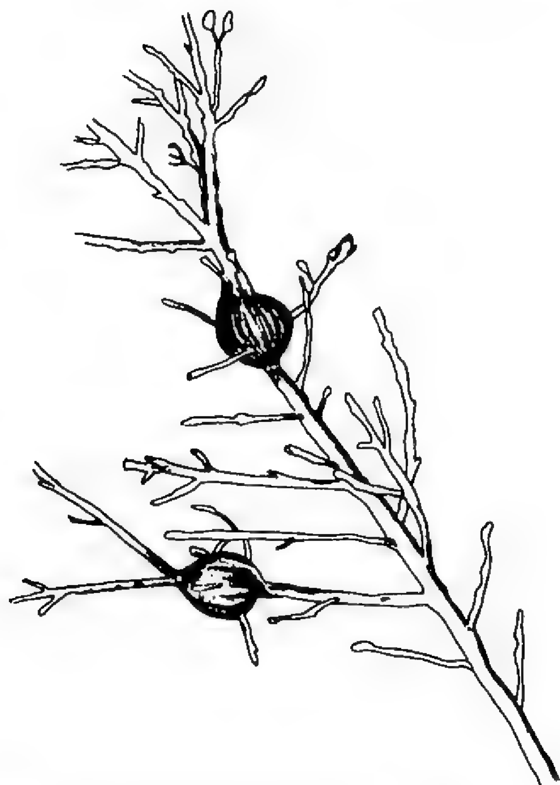


Fig.2. Cecidio en rama de *Baccharis concava.*

7.- *Baccharis confertifolia* Bert.
1) (Houard 1933). Cecidio foliar fusiforme. La hoja se presenta brúscamente ensanchada, engrosada, los bordes enroscados hacia arriba. Tamaño: 10 mm de largo por 4 mm de ancho, provisto de una abertura alargada y estrecha; superficie brillante y lisa. La hoja puede ser enteramente transformada en una suerte de cilíndro o de espiral. Huésped: *Trioza baccharis* Kieff. y Herbst. Homoptera.
2) (Houard 1933). Cecidio del envés de la hoja, noduloso, desprovisto de vello, presenta aspecto de verruga cónica, irregular, de 1-2 mm de largo sobre 1 mm de ancho. Huésped: Eriophyidae.

8.- *Baccharis eupatorioides* Hook. y Arn.
1) (Houard 1933). Cecidio de la extremidad del brote, esponjoso, blanco, globoso, de 10-15 mm de diámetro. Cavidad larvaria larga de 4-5 mm, ancho de 2 mm. Huésped: Trypetidae. Diptera.
2) (Houard 1933). Cecidio de botón, subcilíndrico, de 8-10 mm de alto por 6-7 mm de ancho. Escamas externas imbricadas, triangulares, de contornos inicialmente verdes, después oscuros. Escamas internas, numerosas, pálidas, muy delgadas y rectilíneas que rodean una larva. Huésped: *Scheueria longicornis* Kieff. y Herbst. Diptera.
3) (Houard 1933). Cecidio similar al precedente pero con un tamaño menor y con escamas lanceoladas más cortas; además, los cecidios estan agrupados en gran número alrededor del tallo o constituyendo un conglomerado globoso, de 30 mm de diámetro. Huésped: Cecidomyidae, Diptera.

9.- *Baccharis linearis* (R.et Pav.) Pers.
1) (Aljaro et al 1984 y terreno). Cecidio globoso, esponjoso, blanco (Fig.3). Se desarrolla en el ápice de las ramas, generalmente rodeado por hojas. Cavidad interior de paredes suberificadas, con un huésped (Diptera). TPT: 24 mm de diámetro y 25.5 mm de alto. Huésped: *Rhachiptera limbata* Bigot, Tephritidae.
2) (Houard 1933). Cecidio de la extremidad del tallo, semejante a una flor y constituído por 8-10 hojas terminales, fuertemente ensanchadas, rectas, gruesas y levemente encorvadas en la punta. Estas hojas rodean a otro grupo de hojas de ancho normal y 5-6 mm de largo, las que encierran una cavidad con varias larvas agrupadas. Huésped: *Perrisia chilensis* Kieff. y Herbst. Diptera.
3) (Houard 1933). Cecidio terminal o axilar, similar al precedente. Constituído por 10-15 escamas rectas, lanceoladas, amarillentas, inicialmente apretadas unas contra otras; en la madurez, separadas formado un pequeño manojo; las escamas externas son más anchas y apenas más largas que las internas; estas últimas encierran una larva. Huésped: *Perrisia subinermis* Kieff. y Herbst. Diptera.

4) (Houard 1933). Hinchazón caulinar terminal o situada en la axila de las hojas; de forma elipsoide o de cono disminuído, largo de 6-10 mm, ancho de 3-4 mm en la base. Cavidad vasta, con una larva. Huésped: *Calopedila herbsti* Kieff. Diptera.
5) (Houard 1933). Cecidio de la extremidad del tallo, esférico, de 15-20 mm de diámetro, blanco, esponjoso. Cavidad axial vasta, encerrando una larva blanca. Huésped: *Percnoptera angustipennis* Philippi. Diptera.
6) (Houard 1933). Cecidio de botón, leñoso, fusiforme, largo de 7 mm, ancho de 2.5 mm, terminado por una pequeña hoja puntiaguda, pared muy delgada (0.5 mm); cavidad larvaria única. Huésped: *Perrisia* sp. Diptera.
7) (Houard 1933). Cecidio de botón, ovoidal o elipsoidal, raramente globoso (dimensiones: 10-15 mm por 5-8 mm); la extremidad libre es obtusa o puntiaguda. Cavidad larvaria de 5x2 mm, con agujero de eclosión situado en la región superior del cecidio. Huésped: Cecidomyidae, Diptera.
8) (Houard 1933). Cecidio de tallo. Rama afectada, más o menos hinchada. Huésped: *Lepidosaphes espinosai* Porter. Homoptera.
9) (Houard 1933). Cecidio de tallo, esférico o hemiesférico, de 4-5 mm de diámetro; encierra un Coccidae oscuro que es acompañado, en enero, de numerosas larvas rojas. Huésped: *Lecanium resinatum* Kieff. y Herbst. Homoptera.
10) (Houard 1933). Cecidio foliar. Hoja engrosada, ensanchada, amarilla, superficie arrugada; los bordes distales torcidos hacia arriba, se juntan. Frecuentemente las hojas no alcanzan la mitad del largo normal. Huésped: Hemiptera.



Fig.3. Cecidio en ápice de rama de *Baccharis linearis*.

10.- *Baccharis marginalis* DC.
Cecidio formado por el ensanchamiento del extremo distal de la hoja, provocando un leve encurvamiento de ella. Aspecto levemente fusiforme, rojo-violáceo. Cavidad única con gran cantidad de huéspedes (Eriophyidae).

11.- *Baccharis obovata* Hook. et Arn.
(Houard 1933). Cecidio caulinar terminal, de forma ovoide alargada y puntiaguda, largo de 18 mm y ancho de 6-7 mm; se producen sobre los vestigios de botones o de hojas. Presenta una gran cavidad larvaria. Huésped: Insecto.

12.- *Baccharis paniculata* DC.
1) Cecidio de ápice de rama, globoso en su parte superior y agusado hacia la base. Una sola cavidad, con un huésped (Diptera). TPT: 7.5 mm de diámetro mayor y 10.0 mm de largo. Muchos cecidios con un gran número de parasitoides (Hymenoptera).
2) Cecidio de la parte interna de la hoja, tomando un aspecto fusiforme. Cavidad única con un solo huésped (Diptera). TPT: 1.5 mm en su diámetro mayor y 3.5 mm de largo.
3) Cecidio esférico del ápice de las ramas (Fig.4). Externamente da la impresión que fueran 4 hojas imbricadas. Cavidad interior pequeña y de gruesas paredes esponjosas, con un solo huésped (Diptera). TPT: 14.5 mm de diámetro.

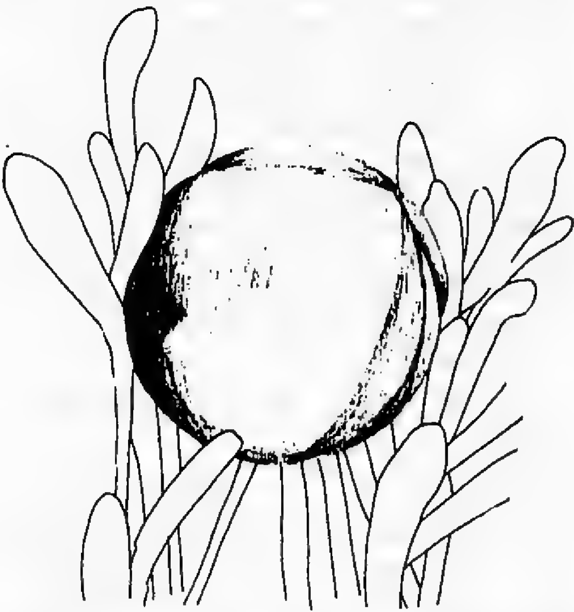


Fig.4. Cecidio en ápice de rama de *Baccharis paniculata*.

13.- *Baccharis pingraea* DC.
Cecidio de tallo o rama, fusiforme (Fig.5). Una sola cavidad interior, con un huésped (Lepidoptera). TPT: 3.5 mm en su diámetro mayor y 7.5 mm de longitud. Un cecidio por rama.

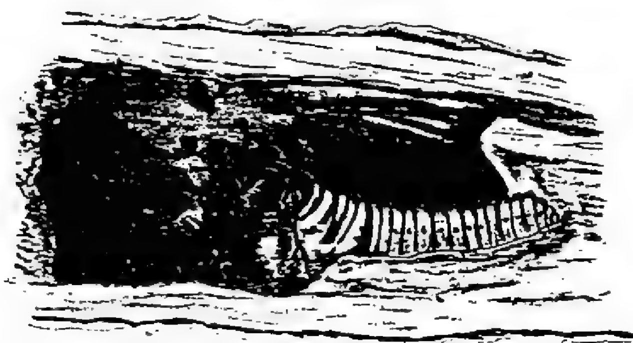


Fig.5. Cecidio en rama de *Baccharis pingraea*. Larva desarrollada y excretas.

14.- *Baccharis sp.*

1) (Houard 1933). Cecidio deformador del capítulo. Aparentemente formado a expensas del receptáculo floral y el huésped se esconde en el capítulo; cilíndrico, largo de 2.5-3.0 mm, redondeado en su polo superior y lateralmente soldado, en todo su largo, a varias pepitas filiformes, vellosos en su extremidad. Huésped: *Asphondylia baccharis* Kieff. y Herbst. Diptera.

2) (Houard 1933). Cecidio de la extremidad del tallo, esponjoso, blanco, globoso (10-12 mm por 6-8 mm) rodeando la rama y la parte inferior de los pedúnculos florales y englobando de igual manera las flores situadas en la base de la inflorescencia. Una cavidad de 6-8 x 3 mm, en la cual vive una larva. Huésped: Tephritidae, Diptera. (Nota: aparentemente el mismo de 9-1).

15.- Blepharocalyx cruckshanksii (H.et A.) Nied. Temu.
Cecidio foliar. Ver N° 28; pelos más delgados. Huésped: *Erineum temi* Neger. Eriophyidae.

16.- *Colliguaya odorifera* Mol.

1) (Houard 1933 y terreno). Ensanchamiento del raquis de la inflorescencia masculina de forma ovoide, semiesférica o irregular, externamente quedan flores atrofiadas (Fig.6). Gran cavidad irregular o varias cavidades pequeñas, también irregulares, de gruesas paredes, inicialmente carnosas y después lignificadas y muy duras, de 2-3 mm de grosor, con numerosos huéspedes. Frecuentemente se encuentran parasitoides (Hymenoptera, *Exurus colliguayae* (Phil.) y *Torymus laetus* (Phil.). TPT: 22.5 mm de alto y 14.5 mm de diámetro. Huésped: *Riveraella colliguayae* Kieff y Herbst. Diptera.

2) (Houard 1933 y terreno). Cecidio de rama, fusiforme o elipsoidal (Fig.7). Cavidad única, de gruesas paredes, que aloja de 1 a 3 huéspedes en promedio. TPT: 14.3 mm de largo y 7.5 mm en su diámetro mayor. Huésped: *Riveraella* sp. Diptera.

3) Cecidio derivado del botón floral femenino desarrollado, y que sigue el aspecto del fruto, es decir, se forman tres cavidades de aspecto ovoide, independientes pero unidas entre sí (Fig.8). Cada cavidad encierra un huésped (Diptera).

4) Cecidio que se desarrolla en la base de un botón vegetativo incipiente (Fig.9). Presenta el aspecto de una bolsa con dos prolongaciones hacia los costados, de color rojo-anaranjado. Cavidad única, de gruesas paredes carnosas, que aloja sólo un huésped (Diptera).

5) (Houard 1933). Cecidio de la región basilar de la inflorescencia, hinchazón fusiforme, de 10 mm de espesor más o menos, sobre la cual se presentan numerosas flores; ella contiene 3 o 4 verticilos de anchas cavidades elipsoidales, de 3 mm por 2 mm, pared delgada, donde el gran eje es oblícuo por causa del cecidio. Una larva por cavidad. Huésped: *Promikiola rubra* Kieff y Herbst. Diptera (Fig.10). (Observación: al parecer corresponde más al desarrollo tardío del descrito en el número 3).



Fig. 6. Cecidio en flor masculina de *Colliguaya odorifera*.



Fig. 7. Cecidio en rama de *Colliguaya odorifera*. Larvas en desarrollo.



Fig. 8. Cecidio en botón de *Colliguaya odorifera*. Larvas en desarrollo.

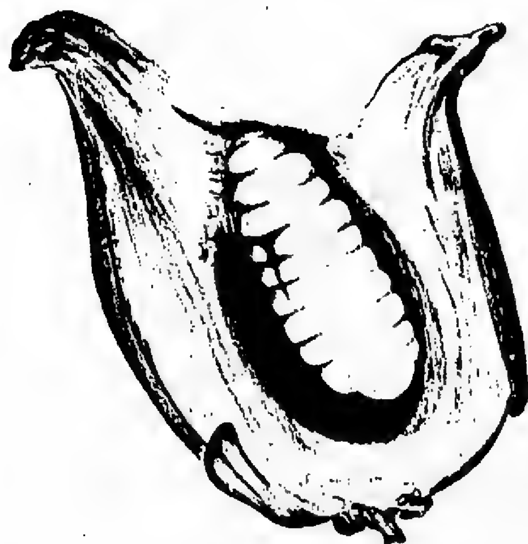


Fig. 9. Cecidio en botón de *Colliguaya odorifera*. Larva desarrolada.

17.- *Crinodendron hookerianum* Gay.
(Houard 1933). Cecidio foliar. *Erineum* sp. Eriophyidae.

18.- *Crinodendron patagua* Mol.
Cecidio sobre la nervadura del envés de la hoja, esferoidal, sobresale casi totalmente de la lámina; inicialmente de color verde claro, posteriormente adquiere color violáceo en su extremo superior, zona que también se lignifica levemente. Cavidad interna esférica con gran número de huéspedes (Eriophyidae). TPT: 1.07 mm y 0.95 mm en sus diámetros mayores, con un promedio de 23 cecidios por hoja.

19.- *Drimys winteri* Forst.
(Houard 1933 y terreno). Cecidio de aspecto esférico en el envés de la hoja, principalmente sobre los nervios, de superficie lisa; en el haz de la hoja sólo se observa una pequeña depresión (Fig.11). Cavidad única, de forma esférica, que contiene varios huéspedes (Eriophyidae).

20.- *Escallonia pulverulenta* (R.et Pav.) Pers.
(Houard 1933). Cecidio foliar, sobresaliente en las dos caras de la hoja, amarillento, cubierto de pelos cortos. Región superior redondeada, coronada generalmente por una parte cilíndrica. Región inferior coniforme. Cavidad encierra una larva rojo escarlata. Cecidios agrupados frecuentemente sobre las hojas jóvenes, también sobre pétalos y corteza de los tallos jovenes. Huésped: Coccidae.



Fig. 10. Cecidio en flor de *Colliguaya odorifera*. Una en flor masculina, la otra en desarrollo tardío de fruto afectando su base.



Fig. 11. Cecidio en hoja de *Drymis winteri*.

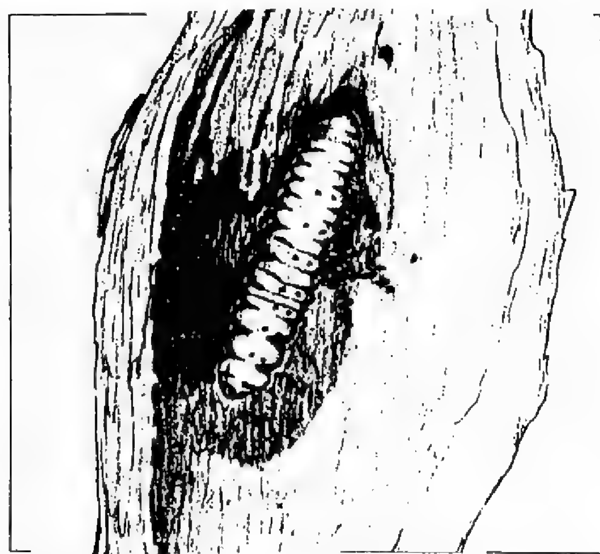


Fig. 12. Cecidio en rama de *Gutierrezia paniculata*. Larva y excretas.

21.- *Eucryphia cordifolia* Cav.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Huésped: *Erineum* sp. Eriophyidae.

22.- *Gaultheria vernalis* Kunze.
(Houard 1933). Cecidio de tallo, irregular, cuya longitud alcanza a 5-50 mm y el ancho al doble del ancho del tallo normal; cavidad con casillas (5 x 1.5 mm) situadas en la capa leñosa, inmediatamente por encima de la corteza, y orientadas paralelamente al eje del cecidio. Las ramas atacadas se desecan. Huésped: *Xyloperrisia azarae* Kieff. Diptera.

23.- *Gutierrezia paniculata* DC.
Cecidio de tallo o rama, fusiforme (Fig.12). Cavidad interior fusiforme en la que se desarrolla un solo huésped (Lepidoptera). Habitualmente, en su superficie externa, se siguen desarrollando las hojas mientras crece el cecidio. TPT: 35.7 mm de longitud, en sentido del eje de crecimiento, y 12.9 mm en su diámetro mayor.

24.- *Gymnophyton polycephalum* Clos.
(Houard 1933). Cecidio caulinar, irregular, lateral, alargado, muy raramente globuloso. Superficie oscura, desprovista de vello, estriada a lo largo. Tejido esponjoso, blanco,limitando numerosas cavidades larvarias. Huésped: *Lasioptera monticola* Kieff. y Herbst. Diptera.

25.- *Haplopappus elatus* (Phil) Reiche.
Cecidio de botón foliar, globoso, esponjoso, formado por una especie de lanilla blanca (Fig.13). En el interior de la base de esta estructura se forma una cavidad ovalada con paredes semileñosas, que contiene un huésped (Hymenoptera). TPT: 7.5 mm de diámetro.



Fig. 13. Cecidio en ápice de rama de *Haploppapus elatus*.



Fig. 14. Cecidio en ápice de rama de *Haploppapus foliosus*.

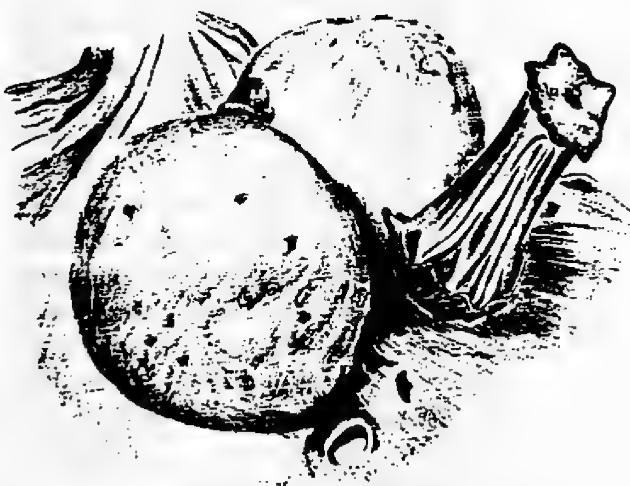


Fig. 15. Cecidios en hoja de *Hidrangea serratifolia*.

26.- *Haplopappus foliosus* DC.

Cecidio de aspecto esférico del botón foliar (Fig.14). Varias hojas imbricadas rodean al cecidio dandole un aspecto de flor, de color morado con manchas verdosas. En su interior se forma una especie de lanilla blanca-amarillenta, entre la cual se ubican varias cavidades ovaladas, que casi no se distinguen como tales, encontrándose en cada una un huésped (Hymenoptera).

27.- *Hydrangea serratifolia* (Hook.et Arn.) Phil.

1) Cecidio foliar cilíndrico-columnar de superficie ondulada; extremo superior con prolongaciones triangulares que se proyectan lateralmente hacia afuera, quedando en el centro de esta zona el orificio de salida, rodeado de bastante vellosidad (Fig.15). Cavidad cilíndrica con leve ensanchamiento en la base, donde se ubica el huésped. Los cecidios nacen sobre las venas, central o laterales, del haz de la hoja. TPT: longitud de 9.2 mm y diámetro de 2.6 mm. (No se encontraron huéspedes).

2) (Houard 1933 y terreno). Cecidio foliar, semiesférico de superficie lisa (Fig.15). Emerge hacia ambos lados de la lámina de la hoja, pero predominantemente hacia el haz. Se originan sobre las venas y el peciolo. En este último caso sobresale sólo hacia un lado. Cavidad única de paredes delgadas y forma esférica que contiene un huésped. TPT: 5.85 mm en su diámetro perpendicular y 5.55 mm en su diámetro paralelo a la lámina de la hoja. Los cecidios estan aislados o agrupados y, frecuentemente, comprimidos unos contra otros. Cuando se encuentra junto al cecidio descrito anteriormente, predomina en una proporción de 3:1. Huésped: *Angeiomyia spinulosa* Kieff y Herbst. Diptera.

28.- *Luma apiculata* (DC.) Burret., Arrayán.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Aterciopelado rosado, de pequeño tamaño; pelos largos de 0.15-0.22 mm, cuya extremidad hinchada es a veces adornada de emergencias obtusas. Huésped: *Erineum temi* Neger. Eriophyidae.

29.- *Maytenus boaria* Mol., Maitén.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Erineum hipofoliar, rojo carmín, constituído por varias placas elípticas de 2-12 mm de largo por 2-3 mm de ancho, espesor de 0.16-0.23 mm. Pelos unicelulares, cortos, hinchados en masa o más o menos jorobados. Huésped: Eriophyidae.

30.- *Maytenus magellanica* (Lam.) Hook.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Ver N° 29. Huésped: Eriophyidae.

31.- *Maytenus disticha* (Hook.) Urban.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Formación marrón, pelos pluricelulares, ramificados desde la base, con ramas de 5-12 células. Huésped: *Erineum mygindae* Neger. Eriophyidae.

32.- *Mitraria coccinea* CAV., Medallita.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Aterciopelado blanco, generalmente en el haz de la hoja, logrando a veces llegar a deformarla; pelos pluricelulares simples o ramificados, largos y delgados; largo de 0.3-0.9 mm. Huésped: *Erineum mitraiae* Neger. Eriophyidae.

33.- *Myrceugenia exsucca* (D.C.) Berg.
Cecidio formado por plegamiento de la hoja hacia el haz; teniendo como eje de pliegue a la vena central; cerca del borde foliar se produce una sustancia cementante que adhiere a las dos mitades de la lámina formando una cavidad en la que se desarrolla un huésped (Homoptera). Por fuera la hoja adquiere color violáceo. Tamaño variable, ocupando cualquier parte de la lámina.

34.- *Myrceugenia ferruginea* (Hook et Arn.) Reiche.

1)(Houard 1933) Cecidio de botón, ovoidal o irregularmente globoso, 8-12 mm largo por 5-8 mm de ancho, pared bastante dura, provisto de muchas cavidades ovoidales largas de 3 mm. En general, muchos cecidios estan aglomerados y más o menos fusionados a la extremidad del tallo. Huésped: Cecidomyiidae, Diptera.

2)(Houard 1933). Cecidio foliar. Las dos mitades de la hoja se pliegan hacia arriba, cubriendo una a la otra; sus dimensiones son menores que las normales y el tejido es fuertemente engrosado. Una larva amarillo óxido. Huésped: *Rhinocola eugeniae* Kieff. y Herbst. Homoptera.

35.- *Myrceugenia lanceolata* (Jaume) Kaus.
Cecidio foliar lenticular, sobresale principalmente sobre el haz, con abertura obstruída por pelos en su parte superior. Cavidad única, esferoidal, con un huésped (Homoptera). TPT: 3.0 mm de diámetro y 1.5 mm de alto, 10 cecidios/ hoja en promedio.

36.- *Myrceugenia obtusa* (DC) Berg.
Cecidio foliar originado por el plegamiento de la hoja, la vena central como eje, los bordes se abren hacia fuera (Fig.16). La cementación es más interna, formando una cavidad con un huésped (Homoptera). La zona de la cavidad es de tamaño variable, ocupando los 2/3 de la lámina y adquiere color amarillo-violáceo.

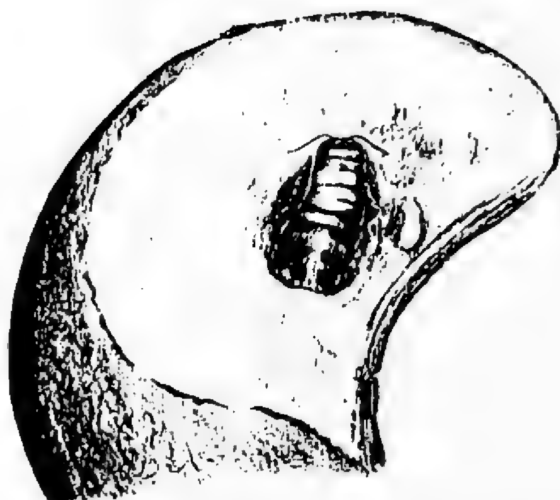


Fig. 16. Cecidio en hoja de *Myrceugenia obtusa*. Huesped casi desarrollado. Se ha extraído la mitad superior de la hoja la que está plegada y cementada a la otra mitad.

37.- *Myrceugenia rufa* (Colla) Skottsb.

1) Cecidio foliar, lenticular, con abertura obstruída por tejido de distinta consistencia en su parte superior, sobresale principalmente sobre el haz de la hoja. Cavidad única, de forma irregular, con un huésped (Homoptera). TPT: 1.5 mm de diámetro y 0.5 mm de alto.

2) Cecidio de rama o tallo, de forma hemiesférica u ovoidal que sobresale hacia uno de los lados de la rama; en la parte superior se encuentra una pequeña zona de consistencia diferente que originará posteriormente el orificio de salida del huésped. Se pueden encontrar aisladas o formando aglomeraciones. Cavidad única, irregular, con un huésped (Homoptera). TPT: 4.5 mm de diámetro basal y 3.5 mm de altura, 10 cecidios/rama en promedio.

38.- *Myrceugenia stenophylla* (Hook et Arn.) Berg.
(Houard 1933). Cecidio de botón. En la extremidad del tallo o en la axila de la hoja, ovoidal, de 12-20 mm de largo por 7-9 mm de ancho, en el tercio superior, afilado, generalmente aplanado, llegando a ser cilíndrico. Superficie gris, lisa. Pared gruesa de 2-3 mm, sublignosa. Cavidad larvaria de 2 mm de ancho y casi tan larga como el cecidio. Huésped: *Oligotrophus eugeniae* Kieff.y Herbst. Diptera.

39.- *Nothofagus alpina* (P.et E.) Oerst., Raulí. (Houard 1933). Erinosis. Ver # 42-3. Huésped: Eriophyidae.

40.- *Nothofagus antartica* (Forst) Oerst., Ñirre. (Houard 1933). Cecidio foliar, pulverulento, blanco; pelos largos de 0.2 mm más o menos. Huésped: *Erineum antarcticum* Neger. Eriophyidae.

41.- *Nothophagus dombeyi* (Mirb.) Oerst., Coigüe.

1) El cecidio nace en la axila de la hoja, es levemente peciolado, de color café-rojizo y de forma esférica (Fig.17). Cavidad única, de forma esférica, con una gruesa pared, en cuyo interior se desarrolla un huésped (Hymenoptera).

2) (Houard 1933). Cecidio foliar. Erinosis foliar. Huésped: Eriophyidae.



Fig. 17. Cecidio en botón de *Nothofagus dombeyi*.

42.- *Nothofagus oblicua* (Mirb.) Oerst., Roble.

1) (Houard 1933). En la extremidad de la rama o axila de las hojas, ovoide o en forma de maza, longitud de 15 mm, ancho de 5-6 mm, superficie granulosa, roja. Pared carnosa, 2 mm de grosor, cavidad única. Huésped: *Apion angustatum* Philippi. Coleoptera.

2) (Houard 1933). Cecidio deformador del botón, de forma elipsoidal, longitud de 6 mm, ancho de 4 mm, verde, una pared muy delgada. Cavidad larvaria única, amplia. Huésped: Coleoptera.

3) (Houard 1933). Cecidio foliar. Erinosis foliar. Huésped: *Erineum pallidum*. Eriophyidae.

43.- *Pernettya furiens* (H.et Arn.) Klotzsch. (Houard 1933). Cecidio de botón. En la axila de una hoja o en la extremidad del tallo, inicialmente globuloso y ovoide o alargado en la madurez, de 12 mm de largo por 7 mm de ancho: simula un botón. Superficie cubierta de escamas imbricadas, verdes, las cuales estan insertas alrededor de un eje bastante duro, cuya extremidad superior está truncada, débilmente elevado en su centro e igualmente adornado de numerosas hojas, más lanceoladas, derechas, negruzcas, las que forman una cavidad que encierra una larva blanca. Huésped: *Pernettyella longicornis* Kieff. y Herbst. Diptera.

44.- *Peumus boldus* Mol.

1) (Houard 1933 y terreno). Cecidio de tallo, aspecto fusiforme (Fig.18). Cavidad lignosa, fusiforme, con un huésped. A menudo se desarrollan muy próximos entre sí haciendo difícil definir límites y forma. TPT (cecidios aislados): 5.5 mm de diámetro mayor y 30.5 mm de largo. Huésped: *Perrisia* sp. Diptera.

2) (Houard 1933). Cecidio foliar protuberante hacia ambos lados de la hoja, débilmente convexo o en cono obtuso sobre la cara superior, más fuertemente preeminente en la región opuesta, altura de 1.5-2.0 mm y ancho de 2-3 mm. Pared bastante gruesa. Cavidad comunicada al exterior por orificio pequeño en el extremo superior del cecidio. Huésped: Eriophyidae.



Fig. 18. Cecido en rama de *Peumus boldus.*

45.- *Retanilla ephedra* (Vent.) Brongn.
Cecidio de rama, diámetro bastante mayor que ésta, aspecto fusiforme. Cavidad interior fusiforme, alberga un huésped (Lepidoptera). En los costados de la cavidad central se forman varias cavidades esféricas que se conectan con ella, en las que no se encontraron huéspedes.

46.- *Rhaphithamnus spinosus* (Juss.) Mold., Arrayán macho.
(Houard 1933). Cecidio foliar. Aterciopelado, lo más frecuentemente hipofoliar, a veces muy extenso, compuesto de pelos pluricelulares ramificados, largos de 0.3-0.5 mm y de color amarillento. Huésped: *Erineum citharexyli* Neger. Eriophyidae.

47.- *Satureja gilliesi* (Grah.) Brig.
(Houard 1933). Cecidio caulinar terminal, ovoidal, largo de 4-5 mm, ancho de 4 mm, coronado de un apéndice cilindrocónico, poco más largo que el cecidio, hueco, ancho de 2 mm en la base y 1 mm en su extremidad. Superficie oscura, provista de algunas flores abortadas. Pared sublignosa, rodeando una cavidad central ovoidal que se abre en el ápice del apéndice por un canal axial. Huésped: *Daphnephila gardoquial* Kieff. y Herbst. Diptera.

48.- *Schinus latifolius* (Gill. ex Lindl.) Engler.
Cecidio de hoja, puede desarrollarse en toda la lámina, aspecto lenticular, sobresaliendo mayorita-riamente hacia el haz, en su parte superior presenta una abertura obstruída por pelos de color rojizo (Fig.19). Cavidad única, de tendencia esférica, que contiene un solo huésped (Homoptera). TPT: 3.5 mm de diámetro y 1.2 mm de altura.

49.- *Schinus molle* (L.) DC.
Cecidio lenticular en las hojas y en el raquis, presenta en la parte superior una abertura obstruida por un tejido más esponjoso de color anaranjado (Fig.20). Cavidad única, de forma esférica con un solo huésped (Homoptera). TPT: 2.5 mm de diámetro y 1.0 mm de alto.

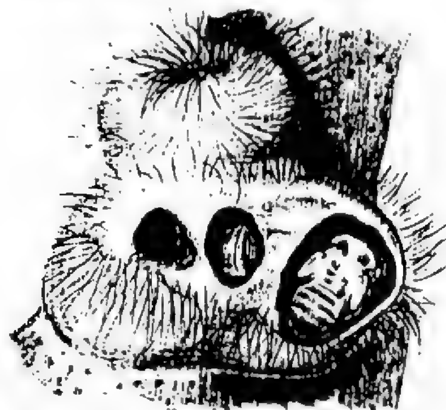


Fig. 19. Cecidio en hoja de *Schinus latifolius.* Cavidadesy último estado de desarrollo del huesped.

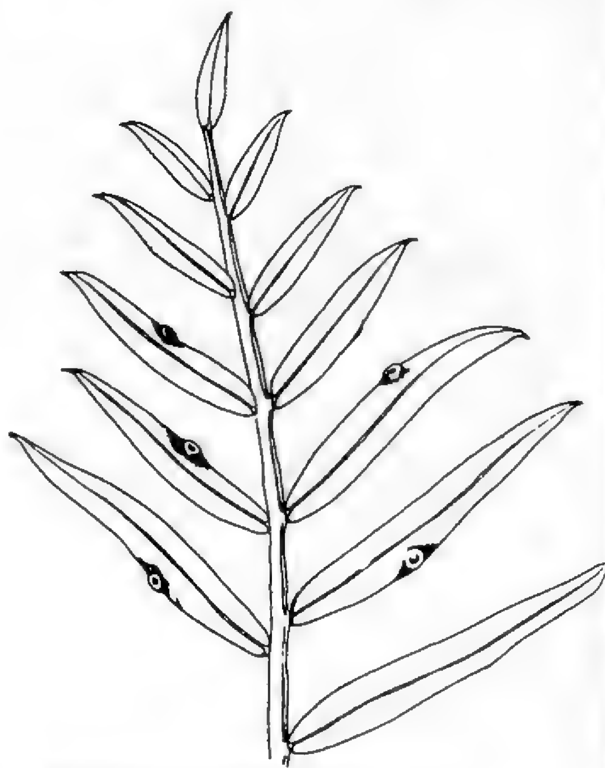


Fig. 20. Cecidio en hoja de *Schinus molle.*

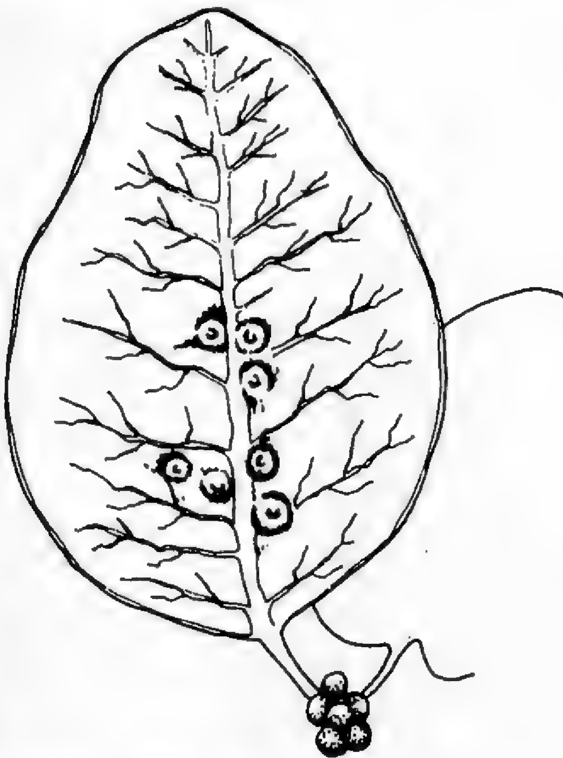


Fig. 21. Cecidio en hoja de *Schinus montanus*.

50.- *Schinus montanus* (Phil.) Engler.

1) Cecidio foliar lenticular, desarrollado en cualquier área de la superficie foliar, pero con mayor frecuencia sobre o junto a las venas (Fig. 21). Sobresale principalmente hacia el haz; la parte superior adopta un color rojizo y se encuentra coronado por un manojo de pelos de color rojo-violáceo. Cavidad única, esferoidal, con un solo huésped (Homoptera). TPT: 3.5 mm de diámetro y 1.05 mm de alto.

2) Cecidio de tallo y ramas, fusiforme (Fig. 22). Cavidad única, fusiforme, con un solo huésped (Diptera). TPT: 2.8 mm en su diámetro mayor y 25.5 mm de largo.

51.- *Schinus polygamus* (Cav.) Cabr.

1) (Houard 1933 y terreno). Cecidio foliar, lenticular, desarrollado en cualquier área de la lamina de la hoja, la mayor parte del cecidio sobresale hacia el haz, presentando en su parte superior una abertura obstruída por pelos de color rojo-violáceo (Fig.23). Cavidad interior esferoidal con un solo huésped (Homoptera, Psyllidae). TPT: 3.7 mm de diámetro y 1.1 mm de alto. Huésped: *Tainarys sordida*.

2) (Houard 1933 y terreno). Cecidio de ramas y tallo, sobresale hacia un solo lado, en forma de un cono obtuso en cuyo ápice se observa un orificio obstruido por un manojo de pelos de color rojo-marillento (Fig.24). En su interior se forma una cavidad de tendencia esférica que contiene un huésped (Homoptera). En la madurez su vértice se abre hacia afuera en muchos lóbulos. TPT: 4.5 mm de altura y 3.2 mm de diámetro. Huésped: Psyllidae.

3) (Houard 1933 y terreno). Cecidio de forma elipsoidal que se desarrolla en los botones foliares, habitualmente se ubican en la axila de las hojas, levemente peciolados, de superficie lisa y de color verde inicial para pasar luego a un color rojo con manchas blancas (Fig.25). Cavidad interior ovalada con un solo huésped (Coleoptera); sus paredes son inicialmente carnosas para finalmente adquirir una consistencia leñosa. TPT: 7.8 mm de alto por 5.3 mm de diámetro. Nota: posteriormente a la entrega del manuscrito se determinó que el huésped es un Lepidóptero.

4) Cecidio de tallo o rama, de aspecto fusiforme, de un diámetro levemente superior al de la rama o tallo (Fig.26). Cavidad única, siguiendo la forma del cecidio, que contiene un huésped (Diptera). TPT: 2.6 mm de diámetro y 29.3 mm de largo.



Fig. 22. Cecidio en rama de *Schimus montanus*.



Fig. 23. Cecidio en hoja de *Schinus polygamus.*



Fig. 24. Cecidio en rama de *Schinus polygamus.* Cavidad y huésped en desarrollo.



Fig. 25. Cecidio en botón de *Schinus polygamus.* El racimo de esferas corresponde a frutos y la esfera grande al cecidio desarrollado.

52.- *Senecio yegua* (COLLA) Cabrera.
Cecidio foliar fusiforme, originado por el enrrollamiento del borde de la hoja, lo cual genera una cavidad de forma cilíndrica en cuyo interior se desarrollan 1 o 2 huéspedes (Homoptera) (Fig.27). Habitualmente se producen 3-4 cecidios por hoja.



Fig. 26. Cecidio en rama de *Schinus polygamus.*



Fig. 27. Cecidio en hoja de *Senecio yegua.*

53.- *Trevoa trinervis* Miers.
Cecidio foliar, originado por el enrrollamiento del borde de la hoja, de aspecto fusiforme. Cavidad interior de tipo cilíndrico que contiene 1 o 2 huéspedes (Homoptera). En terreno se detectó un promedio de 2 cecidios por hoja. TPT: 6.2 mm de longitud por 1.4 mm de diámetro máximo. El cecidio persiste, generalmente con el huésped en su interior, hasta que la hoja cae del vegetal.

B.- IMPORTANCIA RELATIVA DE HOSPEDEROS Y DE HUESPEDES EN EL CONTIGENTE DE CECIDIOS ESTUDIADOS.

Con el fin de determinar la importancia relativa de hospederos y huéspedes se seleccionaron 4 parámetros: a) del hospedero : familia, especie y sector afectado; b) del huésped: grupo taxonómico (Tabla 1). En algunos casos no fué posible establecer la especie o, al menos, el género de los huéspedes.

TABLA 1.RELACION HOSPEDERO-SECTOR AFECTADO-HUESPED POR FAMILIA VEGETAL.

FAMILIA	HOSPEDERO ESPECIE	SECTOR	GRUPO	HUESPED ESPECIE
FAGACEAE	Nothofagus alpina	Hoja	Eriophyidae	
	Nothofagus antartica	Hoja	Eriophyidae	Erineum antarcticum
	Nothofagus dombeyi	Botón	Hymenoptera	
		Hoja	Eriophyidae	
	Nothofagus oblicua	Rama	Coleoptera	Apion angustatum
		Botón	Coleoptera	
		Hoja	Eriophyidae	Erineum pallidum
MONIMIACEAE	Peumus boldus	Tallo	Diptera	Perrisia sp.
		Hoja	Eriophyidae	
ELAEOCARPACEAE	Crinodendron patagua	Hoja	Eriophyidae	
	Crinodendron hookerianum	Hoja	Eriophyidae	Erineum sp.
FLACOURTIACEAE	Azara celestrina	Hoja	Eriophyidae	
	Azara microphylla	Hoja	Eriophyidae	
	Azara serrata	Hoja	Eriophyidae	Erineum azarae
MYRTACEAE	Myrceugenia stenophylla	Botón	Diptera	Oligotrophus eugeniae
	Myrceugenia exsucca	Hoja	Homoptera	
	Myrceugenia obtusa	Hoja	Homoptera	
	Myrceugenia lanceolata	Hoja	Homoptera	
	Myrceugenia rufa	Hoja	Homoptera	
		Rama	Homoptera	
	Myrceugenia ferruginea	Botón	Diptera	Cecidomyidae
		Hoja	Homoptera	Rhinocola eugeniae
	Luma apiculata	Hoja	Eriophyidae	Erincum temi
	Blepharocalyx cruckshanksii	Hoja	Eriophyidae	Erineum temi
MIMOSACEAE	Acacia caven	Rama/ Hoja/Espina	Eriophyidae	
PAPILIONACEAE	Adesmia arborea	Rama	Lepidoptera	
RHAMNACEAE	Trevoa trinervis	Hoja	Homoptera	
	Retanilla ephedra	Rama	Lepidoptera	
WINTERACEAE	Drimys winteri	Hoja	Eriophyidae	
HIDRANGEACEAE	Hydrangea serratifolia	Hoja	—	
		Hoja	Diptera	Angeiomya spinulosa
ASTERACEAE	Senecio yegua	Hoja	Homoptera	
	Gutierrezia paniculata	Rama	Lepidoptera	
	Haplopappus elatus	Botón	Hymenoptera	
	Haplopappus foliosus	Botón	Hymenoptera	
	Baccharis concava	Rama	Lepidoptera	Orsotricha venosa

(continúa pág. siguiente)

FAMILIA	HOSPEDERO ESPECIE	SECTOR	GRUPO	HUESPED ESPECIE
		Hoja	Eriophyidae	
ASTERACEAE	Baccharis confertifolia	Hoja	Homoptera	Trioza baccharis
		Hoja	Eriophyidae	
	Baccharis eupatorioides	Tallo	Diptera	Trypetidae
		Botón	Diptera	Scheueria longicornis
		Botón	Diptera	Cecidomyidae
	Baccharis obovata	Tallo	—	Insecto
	Baccharis linearis	Tallo	Diptera	Rhachiptera limbata
		Tallo	Diptera	Perrisia chilensis
		Tallo	Diptera	Perrisia subinermis
		Tallo	Diptera	Calopedila herbsti
		Tallo	Diptera	Percnoptera angustipennis
		Botón	Diptera	Perrisia sp.
		Botón	Diptera	Cecidomyidae
		Tallo	Homoptera	Lepidosaphes espinosai
		Tallo	Homoptera	Lecanium resinatum
		Hoja	Hemiptera	
	Baccharis pingraea	Rama	Lepidoptera	
	Baccharis paniculata	Tallo	Diptera	
		Hoja	Diptera	
		Rama	Diptera	
	Baccharis sp.	Capítulo	Diptera	Asphondylia baccharis
		Tallo	Diptera	Tephritidae
	Baccharis marginalis	Hoja	Eriophyidae	
EUFORBIACEAE	Colliguaya odorifera	Infl.Masc.	Diptera	Riveraella colliguayae
		Botón	Diptera	
		Rama	Diptera	Riveraella sp.
		Botón	Diptera	
		Infloresc.	Diptera	Promikiola rubra
ANACARDIACEAE	Schinus molle	Hoja	Homoptera	
	Schinus latifolius	Hoja	Homoptera	
	Schinus montanus	Hoja	Homoptera	
		Rama	Diptera	
	Schinus polygamus	Hoja	Homoptera	Tainarys sordida
		Rama	Homoptera	Psyllidae
		Rama	Diptera	
		Botón	Lepidoptera	
SAXIFRAGACEAE	Escallonia pulverulenta	Hoja	Homoptera	Coccidae
ERICACEAE	Gaultheria vernalis	Tallo	Diptera	Xyloperrisia azarae
	Pernettya furiens	Botón	Diptera	Pernettyella longicornis
APIACEAE	Gymnophyton polycephalum	Tallo	Diptera	Lasioptera monticola
CELASTRACEAE	Maytenus boaria	Hoja	Eriophyidae	
	Maytenus magellanica	Hoja	Eriophyidae	
	Maytenus disticha	Hoja	Eriophyidae	Erineum myginda e
EUCRYPHIACEAE	Eucryphia cordifolia	Hoja	Eriophyidae	Erineum sp.
GESNERIACEAE	Mitraria coccinea	Hoja	Eriophyidae	Erineum mitraiae
VERBENACEAE	Raphithamnus spinosus	Hoja	Eriophyidae	Erineum citharexyli
LAMIACEAE	Satureja gilliesi	Tallo	Diptera	Daphnephila gardoquial

El mayor porcentaje de especies hospederas de cecidios ocurre en las familias Asteraceae (= Compositae) y Myrtaceae, con 24.1 % y 14.8 % respectivamente (Fig.28), lo cual es coincidente con la información de la literatura solamente en lo que respecta a la primera, pero no en el orden de las restantes familias ni en los porcentajes de incidencia.

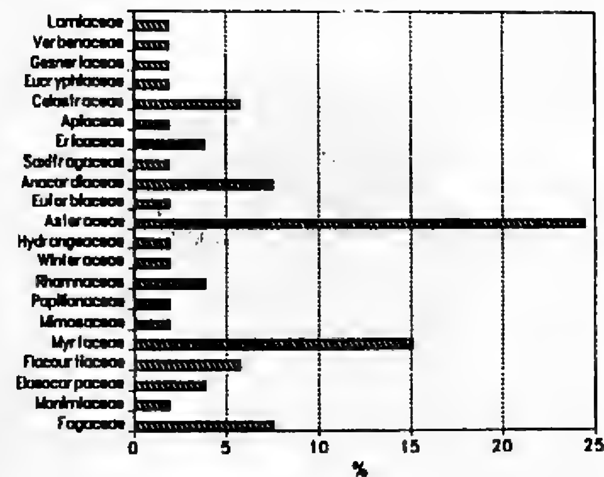


Fig. 28. Distribución porcentual de las especies de hospederos por familias.

El esquema anterior se mantiene, en general, si se analiza desde el punto de vista de la incidencia de cecidios (Fig.29), destacándose una mayor diferencia entre Asteraceae y las restantes familias debido, principalmente, al alto número de cecidios que afectan a *Baccharis linearis* (Tabla 1).

Aún cuando la tendencia general es que cada especie de hospedero albergue sólo un tipo de cecidio, se lograron detectar 16 casos (29.6 %) que presentan más de un tipo, llegando incluso, en *Baccharis linearis*, a tener 10 tipos diferentes. En estos casos, la tendencia es a ocupar ejemplares diferentes de hospederos o diferentes sectores de un mismo hospedero (Tabla 1). Existen algunas excepciones, como en *Hydrangea serratifolia* (Fig.15).

Desde el punto de vista de los huéspedes, destacan por su frecuencia los insectos de los órdenes Diptera y Homoptera con 35.7 % y 20.2 % respectivamente, junto a los ácaros Eriophyidae con 29.8 % (Fig.30).

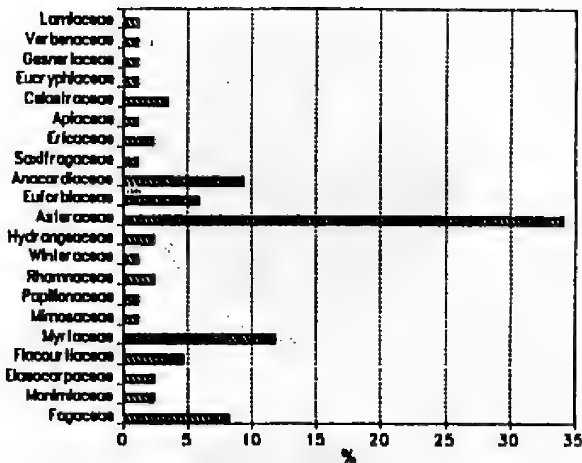


Fig. 29. Distribución porcentual de los cecidios estudiados por familias de hospederos.

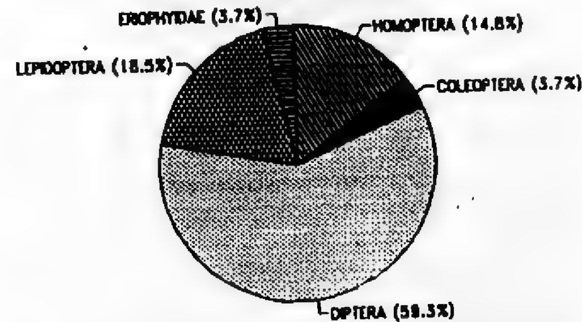


Fig. 30. Distribución porcentual por taxa de huéspedes que afectan a cecidios estudiados.

En cuanto a los sectores afectados de los hospederos, se consideraron los siguientes: Hoja, Tallo o Rama, Botón y Flor, incluyendo en este último tanto a flores solitarias como a inflorescencias. De ellos, las hojas son las más atacadas, representando el 47.6 % de los casos detectados, luego le siguen el tallo con 32.1 % y los botones con 16.7 % (Fig.31). Posiblemente esto esté relacionado con la calidad y cantidad de las sustancias nutritivas presentes en ellos.

Cada sector puede ser afectado por huéspedes de diferentes taxa, pero con predominio superior al 50% de uno de ellos. Es así como las hojas son atacadas principalmente por Eriophyidae y Homoptera (60.0 % y 32.5 % respectivamente, Fig. 32), en cambio los cecidios de tallo y de botón son producidos en su mayoría por Diptera (59.3 % y 64.3 % respectivamente, Fig.33 y 34) y los de flor lo son en su totalidad por este orden.

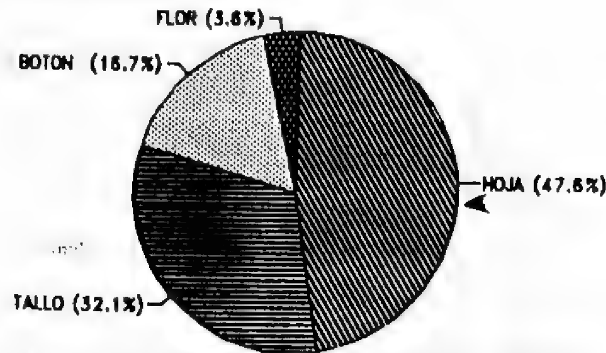


Fig.31. Distribución porcentual de los cecidios estudiados según sector del hospedero.

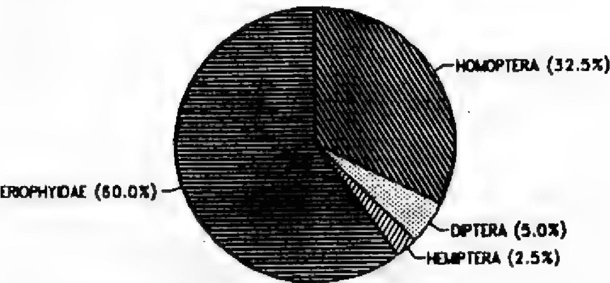


Fig.32: Distribución porcentual por taxa de los huéspedes en cecidios de hoja.

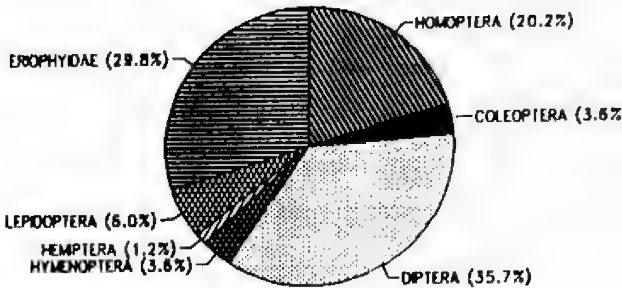


Fig.33. Distribución porcentual por taxa de los huéspedes en cecidios de tallo o rama.

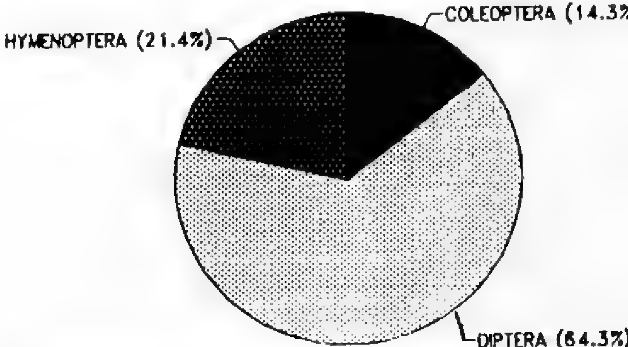


Fig.34. Distribución porcentual por taxa de los huéspedes en cecidios de botón.

En función de lo anterior, es posible pensar que existe efectivamente una cierta especialización de algunos grupos de huéspedes por determinados sectores del hospedero (Tabla 2).

TABLA 2. DISTRIBUCION DE HUESPEDES POR FAMILIA DE HOSPEDERO Y ESTRUCTURA AFECTADA

HOSPEDEROS		HUESPEDES																					
		Homoptera			Coleoptera			Diptera				Hymenoptera			Hemiptera			Lepidoptera			Eriophyidae			TOTAL
Familias	Nº sp	H	T	B	H	T	B	H	T	B	F	H	T	B	H	T	B	H	T	B	H	T	B	
Fagaceae	4					1	1							1							4			7
Monimiaceae	1								1												1			2
Elaeocarpaceae	2																				2			2
Flacourtiaceae	3																				4			4
Myrtaceae	8	5	1							2											2			10
Mimosaceae	1																				1	1		2
Papilionaceae	1																		1					1
Rhamnaceae	2	1																	1					2
Winteraceae	1																				1			1
Hydrangeaceae	1							1																1
Asteraceae	13	2	2					1	9	4	1			2	1				3		3			28
Euforbiaceae	1								1	2	2													5
Anacardiaceae	4	4	1				1		2															8
Saxifragaceae	1	1																						1
Ericaceae	2								1	1														2
Apiaceae	1								1															1
Celastraceae	3																				3			3
Eucryphiaceae	1																				1			1
Gesneriaceae	1																				1			1
Verbenaceae	1																				1			1
Lamiaceae	1								1															1
TOTAL	53	13	4			1	2	2	16	9	3			3	1				5		24	1		84

H = hoja T = tallo o rama B = botón floral o foliar F = flor

Lo anterior se ratifica al analizar la incidencia de cada grupo de huéspedes en los distintos sectores del hospedero. En el contingente estudiado, Hemiptera, Lepidoptera e Hymenoptera se presentan en forma exclusiva sobre Hoja, Tallo y Botón respectivamente; en cambio, Homoptera, Eriophyidae y Coleoptera lo hacen en dos sectores teniendo una marcada preferencia sobre uno de ellos, hoja para los dos primeros y botón para Coleoptera. Finalmente, el taxa de más amplio espectro es Diptera quien cubre la totalidad de los sectores estudiados, predominando en el tallo (Fig.35 a 38).

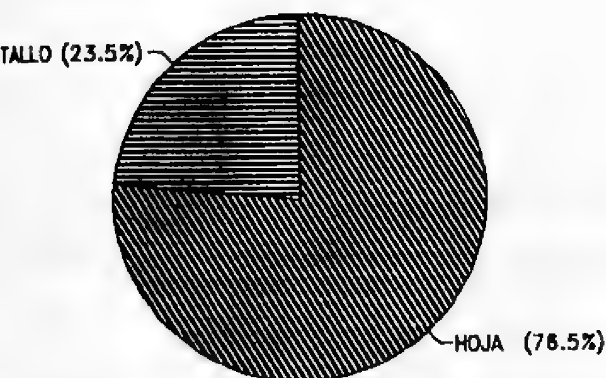


Fig.35. Distribución porcentual de los cecidios provocados por Homoptera según sector del hospedero.

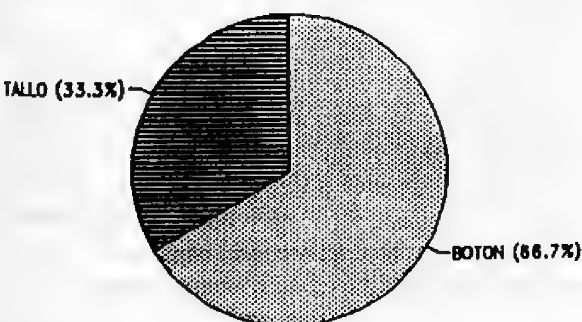


Fig.36. Distribución porcentual de los cecidios provocados por Coleoptera según sector del hospedero.

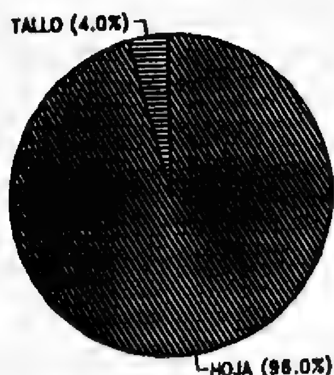


Fig.37. Distribución porcentual de los cecidios provocados por Eriophyidae según sector del hospedero.

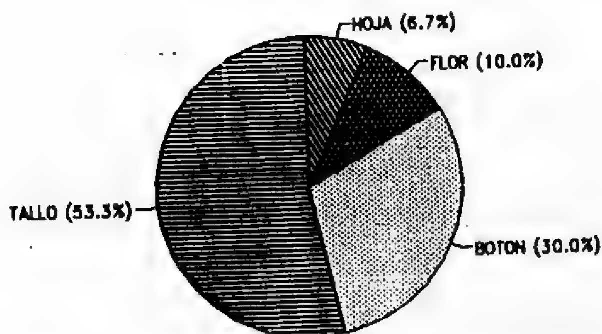


Fig.38. Distribución porcentual de los cecidios provocados por Diptera según sector del hospedero.

Estas diferencias estarían en relación con las estructuras de sus aparatos ovopositores y, en alguna medida también, con las estructuras mandibulares y la capacidad de resistencia de sus larvas, como ya se ha comentado en la introducción.

C.- DIVERSIDAD DE FORMAS DE CECIDIOS EN EL CONTINGENTE ESTUDIADO.

Analizadas las distintas clasificaciones expuestas en los antecedentes previos, concluímos que la clasificación de Mani (1964) es la más adecuada para catalogar el material estudiado, ya que no sólo considera las formas alcanzadas sino que también incluye características de la cecidiogénesis, tales como la posición del huésped en relación al tejido de la planta al inicio del proceso y la forma en que se produce el encapsulamiento posterior. Aunque dicho autor la utiliza para los cecidios de hojas, creemos que es aplicable también a los de otros sectores del hospedero.

Si bien el conocimiento de la cecidiogénesis de la mayoría de los casos chilenos no es precisa, esta carencia de información no limita mayormente su clasificación, ya que los antecedentes, aportados por el mismo Mani (1964), y que relacionan las características de la cecidiogénesis con los tipos de huéspedes y con la morfología de los cecidios, nos permite asignarles a éstos una u otra de las categorías de su clasificación (Tabla 3).

Considerando las 7 categorías de Mani, y trabajando solamente los 83 cecidios cuya descripción permite definir claramente su clasificación, logramos establecer que las formas más frecuentes son la Lisenquimática (Lysenchyme gall) y Pilosa (Fitzgall), con 32.5 % y 19.3 % respectivamente. Los menos representados son los tipos Pliegue o Enrollamiento y Krebs (Tabla 3).

TABLA 3. DISTRIBUCION DE HUESPEDES POR TIPO DE CECIDIO Y ESTRUCTURA AFECTADA.

TIPOS DE CECIDIOS	HUESPEDES																						
	Homoptera			Coleoptera			Diptera				Hymenoptera			Hemiptera			Lepidoptera			Eriophyidae			TOTAL
Familias	H	T	B	H	T	B	H	T	B	F	H	T	B	H	T	B	H	T	B	H	T	B	
Piloso																				16			16
Pliegue o Enrrollamiento	5																						5
Bolsillo	7																			4			11
Krebs								2															2
Envolvente		1						1	2	1			2							3	1		11
Lisenquimática		3			1	1		13	2	2								5					27
Mark	1					1	2		4				1	1						1			11
TOTAL	13	4			1	2	2	16	8	3			3	1				5		24	1		83
TOTAL	17			3			29				3			1			5			25			83

H = hoja T = tallo o rama B = botón floral o foliar F = flor

Tomando en cuenta que la estructura del cecidio depende, primariamente, del hospedero y del órgano o sector en el cual se produce y de las características del huésped (Mani 1964), es posible esperar que exista una relación entre los distintos tipos de cecidios producidos y los grupos de huéspedes y/o sectores afectados.

Por definición, los tipos Piloso, Pliegue o Enrrollamiento y Bolsillo se encuentran presentes sólo en hoja, razón por la cual existe absoluta correspondencia entre tipo de cecidio y el sector afectado (Tabla 4). Su relación con los grupos de huéspedes en el contingente estudiado es la siguiente: Piloso, 100% Eryophyidae; Pliegue, 100% Homoptera y Bolsillo, 63.6% Homoptera y 36.4% Eryophyidae. El tipo Krebs se presenta sólo en tallo y sus agentes son Dípteros (Tabla 4). Los restantes tipos muestran una alta diversidad de sectores afectados y de huéspedes causales.

Desde el punto de vista de los sectores afectados, las hojas son las que presentan la mayor diversidad de tipos de cecidios, de los cuales la mayor frecuencia corresponde a los tipos Piloso y Bolsillo, con un 40.0 % y 27.5 % respectivamente. En cambio, a nivel de tallo, el tipo predominante es el Lisenquimático, incluyendo el 81.5 % de los casos.

TABLA 4. FRECUENCIA DE TIPOS DE CECIDIOS POR ESTRUCTURA AFECTADA Y POR HUESPED.

TIPOS DE CECIDIOS	Sector				Huéspedes						
	Hoja	Tallo	Botón	Flor	Homoptera	Coleoptera	Diptera	Hymenoptera	Hemmiptera	Lepidoptera	Eriophyiedae
Piloso	16										16
Pliegue o Enrrollamiento	5				5						
Bolsillo	11				7						4
Krebs		2					2				
Envolvente	3	3	4	1	1		4	2			4
Lisenquimática		22	3	2	3	2	17			5	
Mark	5		6		1	1	6	1	1		1
TOTAL	40	27	13	3	17	3	29	3	1	5	25
TOTAL	83				83						

En cuanto a los huéspedes, existen 3 tipos de cecidios que son producidos en forma exclusiva por un solo grupo de organismos, estos son: Piloso (Eriophyidae), Pliegue (Homoptera) y Krebs (Diptera), lo cual no significa que estos huéspedes no produzcan otros tipos de cecidios.

Los restantes tipos son producidos por diversos grupos de organismos, llegando incluso, como en el tipo Mark, a abarcar la casi totalidad de los grupos de huéspedes detectados (Tabla 4). Sin embargo, en cada tipo existe un marcado predominio de un determinado grupo. En Lisenquimáticos predominan los dípteros (62.9%) y la ubicación en tallo (81.5%). En cambio, en las tipo Mark hay tendencia clara a ser formados por dípteros en hoja y botón.

De acuerdo a lo anterior, se confirmaría que la forma resultante del cecidio no depende exclusivamente del sector afectado ni del huésped, sino más bien dependería de las características del tejido al momento de interactuar con el huésped y de la forma (acción mecánica, productos químicos) en que éste actua sobre dicho tejido durante toda la cecidiogénesis (Ananthakrishnan 1984, Mani 1964).

CONCLUSIONES

En Chile de clima mediterráneo se estudió un total de 53 especies vegetales nativas portadoras de cecidios (hospederos), distribuídas en 21 familias, comprometiendo principalmente a Asteraceae y Myrtaceae, tanto desde el punto de vista de las especies vegetales comprometidas como de la incidencia de cecidios presentes.

En total se lograron reconocer 86 cecidios diferentes, de los cuales 32 no estaban descritos en la bibliografía consultada. Con seguridad este valor aumentará considerablemente al analizar la totalidad de la vegetación nativa de Chile.

Si bien lo más frecuente es que cada hospedero tenga un tipo de cecidio, existen especies que pueden albergar varios, los que por lo general tienden a no concentrarse en un mismo individuo y, o bien, a distribuirse en sectores diferentes como hoja y tallo, por ejemplo.

De las partes aéreas de los hospederos analizados, hoja y tallo o rama son los dos sectores más afectados, siendo la hoja, a su vez, la que presenta la mayor diversidad de cecidios

Los principales grupos de huéspedes son Diptera y Homoptera dentro de los insectos y Eriophyidae dentro de los ácaros.

Se observa una notoria preferencia por determinados sectores del hospedero por parte de cada grupo de huéspedes, lo cual implica cierto grado de especialización. En efecto, Lepidoptera e Hymenoptera se encontraron sólo en tallo y botón respectivamente, mientras que Homoptera es casi exclusivo de hoja. Igualmente, se aprecia una cierta correlación entre el tipo de cecidio y las variables anteriores (sector del hospedero y huésped).

De las clasificaciones analizadas, la planteada por Mani (1964), con algunas modificaciones, resulta la más apropiada para aplicar a los cecidios de Chile de clima mediterráneo.

La diversidad de cecidios es alta, siendo más frecuentes los de tipo lisenquimático en tallo y los de tipo piloso y de bolsillo, en hojas.

REFERENCIAS

ABRAHAMSON,W. & A.WEIS. 1987. Nutritional Ecology of Arthropod Gall Makers, en Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders and related Invertebrates. F.Slansky Jr. and Rodriguez. Ed.John Wiley & Sons. New York: 235-258.

ALJARO,M.E., D.FRIAS & G.MONTENEGRO. 1984. Life cycle of *Rachiptera limbata* (Diptera, Tephritidae) and its relationship with *Baccharis linearis* (Compositae).Rev. Chil. Hist. Nat., 57 (2): 123-129.

ANANTHAKRISHNAN,T.N.1984. Biology of Gall Insects. Oxford & I.B.H. Publishing Co. 362 pp.

BLANCHARD,E.E.1938. Descripción del cecidomiido productor de la agalla del quebracho blanco. Rev. Chil Hist. Nat., 42: 173-176.

BONNEMAISON,L.1964. Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. Ed.de Occidente S.A. Barcelona. España.

BORROR,D., D. DeLONG & Ch.TRIPLEHORN.1976. An Introduction to the Study of Insects. Holt, Rinehart and Winston. San Francisco. U.S.A. 852 pp.

BRETHES,J.1926. Sur le *Syntomaspis laetus* (Phil.) chalcidien parasite des galles de *Colliguaya odorifera* Mol. Rev.Chil.Hist. Nat., 30: 324-325.

CARTAGENA,A. & J.SOLERVICENS. 1981. Biología de *Orsotricha venosa* (Butler,1883) (Lepidoptera: Gelechiidae). Bol.Mus.Nac. Hist. Nat.,Chile, 38: 111-122.

CORNELL,H.V.1985. Local and regional richness of cynipine gall wasp on California oaks. Ecology 66(4): 1247-1260.

DI CASTRI,F.1968. Esquisse écologique du Chili. Biol. Amér.Australe, 4: 7-52.

DRATHEN,R.1954. Apuntes sobre las agallas del Colliguay. Rev. Universitaria (U.Católica de Chile), 30(1): 95-99.

EBEL,G.1924. Sobre un pequeño himenóptero encontrado en las nueces de agallas del Colliguay. Rev.Chil.Hist.Nat.,28: 206-208.

EBEL,G.1928. El *Syntomaspis laetus*. Rev. Chil. Hist. Nat., 32:67-170.

ESSIG,E.O.1958. College Entomology. The Macmillan Company. New York, 900 pp.

FELT,E.P.1965. Plant Galls and Gall Makers. Hafner Publishing Company. New York. 364 pp.

FLÖRES,E.1991. Morfoanatomía de *Schinus polygamus* (Cav.) Cabr. (Anacardiaceae) e interacción con insectos formadores de agallas. Tesis Magister en Ciencias Biológicas.Univ. de Chile. 43 pp.

FONT QUER,P.1963. Diccionario de Botánica. Editorial Labor. Barcelona. 1244 pp.

FRANKIE,G. & D.MORGAN.1984. Role of the Host Plant and Parasites in Regulating Insect Herbivore Abundance, with and Emphasis on Gall-Inducing Insects.In: A new Ecology Novel Approaches to Interactive Systems; P.Price, C. Slobodchikoff and W.Gaud. Ed. John Wiley & Sons. New York, 101-140.

GRASSE,P.1951. Traité de Zoologie; Tomo X, fascículos I y II. Masson et Cie. Editeurs, 1948 pp.

HARTNETT,D. & W.ABRAHAMSON.1979. The efects of stem gall insects on life history patterns in *Solidago canadensis*. Ecology 60(5): 910-917.

HOPPER,K.1984. The effects of host-finding and colonization rates on abundances of parasitoids of a gall midge. Ecology 65(1):20-27.

HOUARD,C.1933. Les zoocecidies des plantes de l'Amérique du Sud et de l'Amerique Centrale. Lib. Scientifique Hermann et Cie. Paris, 519 pp.

KIEFFER,J.1903a. Observation sur une galle faussement attribuée a un Pteromaline. Rev. Chil. Hist. Nat., 7: 111.

KIEFFER,J.1903b. Descriptions de Cécidomyies nouvelles du Chili. Rev.Chil.Hist.Nat.,7: 226-228.

KüHNELT,W.1969. Ecologie Générale. Masson et Cie., editeurs. 359 pp.

MANI,M.S.1964. Ecology of Plant Galls. Dr. W.Junk Publishers- The Hague. Holanda. 434 pp.

MARTICORENA,C. & M.QUEZADA.1985. Catálogo de la flora vascular de Chile. Gayana, 42 (1-2): 1-157.

MEYER,J. & H.MARESQUELLE.1983. Anatomie des Galles. Gebrüder Borntraeger. Alemania. 662 pp.

MILLS,J.N.1984. Effects of feeding by mealy bugs (*Planococcus citri*, Homoptera: Pseudococcidae) on the growth of *Colliguaya odorifera* seedlings. Oecologia 64: 142-144.

NAVAS,E.1976. Flora de la Cuenca de Santiago de Chile. Ed. Universitaria S.A., Chile, Tomos II y III, 1068 pp.

NEGER,F.W.1900. Sobre algunas agallas nuevas chilenas. Rev.Chil.Hist.Nat.,4: 2-3.

OYARZUN,A.1928. Sobre los insectos que construyen las agallas del Colliguay. Bol. Soc. Entom. de Chile: 19.

PORTER,C.E.1926a. Sobre un insecto de las agallas del Colliguay. Rev.Chil.Hist.Nat., 30: 88-91.

PORTER,C.E.1926b. Sobre 2 insectos chilenos, I. Otro insecto de las agallas del Colliguay. Rev.Chil.Hist.Nat.,30: 275.

PORTER,C.E.1926c. Sobre un acarocecidia del Maitén. Rev.Chil. Hist.Nat.,30: 192-193.

PORTER,C.E.1928a. Cecidiología chilena. Breve reseña histórica y bibliografía acerca de las agallas de Colliguay (*Colliguaya odorifera* Mol). Rev.Chil.Hist. Nat., 32: 73-80.

PORTER,C.1928b. Acerca de las agallas del colliguay. Un dato más. Rev.Chil.Hist.Nat., 32:152-153.

PORTER,C.E.1929. Nota acerca de un díptero chileno productor de agallas. Rev.Chil.Hist.Nat., 33: 212-214.

RODRIGUEZ,R., O.MATTHEI & M.QUEZADA.1983. Flora arbórea de Chile. Ed. Univ. de Concepción, Chile, 408 pp.

STILLE,B.1984. The effect of hostplant and parasitoids on the reproductive succes of the parthenogenetic gall wasp *Diplolepis rosae* (Hymenoptera,Cynipidae). Oecologia 63(3): 364-369.

STINNER,B. & W.ABRAHAMSON.1979. Energetics of the *Solidago canadensis* stem gall insect-parasitoid guild interaction. Ecology 60(5): 918-926.

STRASBURGER,E.1963. Tratado de Botánica. Quinta Edición Española.Edit.Marín S.A., Barcelona. 651 pp.

STUARDO,C.1929. Notas entomológicas. Observaciones sobre las agallas blancas de *Baccharis rosmarinifolia* Hook y el díptero que las produce. Rev.Chil.Hist.Nat., 33: 345-350.

WEIS,A., R.WALTON & C.CREGO.1988. Reactive Plant Tissue Sites and the Population Biology of Gall Makers. Ann.Rev.Entomol., 33:467-486.

ESTUDIOS PRELIMINARES DE TELOTHA HENSELII (CRUSTACEA: ISOPODA: CYMOTHOIDAE) PARASITO DE CAMARONES PALEMONIDOS.*

CARLOS M. GRASSINI

Key Words: Cymothoidae, Isopoda, *Macrobrachium borellii, Pseudopalaemon bouvieri, Telotha henselii*, Palaemonidae, Argentina.

Los isópodos de la familia Cymothoidae se caracterizan por ser ectoparásitos de peces. Circunstancialmente pueden parasitar, en forma temporaria, otros taxa (Stadler 1972; Trilles 1969). Lemos de Castro y Gomes Correa (1982) citan por primera ves a *Telotha henselii* (von Martens) en *Palaemonetes argentinus* Nobili considerando este hecho como un fenómeno probablemente accidental.

En la presente nota se comunica el hallazgo de *Telotha henselii*, en fase masculina, parasitando los camarones *Macrobrachium borellii* (Nobili) y *Pseudopalaemon bouvieri* Sollaud, (Crustacea: Palaemonidae). Se aportan datos sobre la biología de este isópodo.

Los camarones fueron capturados en el arroyo Mandisoví Chico (30° 40' S; 58° 00' W) afluente del río Uruguay medio (Entre Rios, Argentina). En procura del parásito se examinaron además 13 especies de peces caracoideos, tres de siluriformes y cuatro de cíclidos, capturados en el mismo ambiente, con resultados negativos.

De 827 camarones revisados en agosto de 1990, 101 estaban parasitados, cuatro de ellos con dos isópodos. La intensidad es de un isópodo por camarón, raramente dos; aunque, en acuario se registraron hasta seis por huésped, con localizaciones distintas a la habitual, como base de pleópodos y antenas. Se mantuvieron en laboratorio, en un mismo acuario, ejemplares de *Macrobrachium borellii* parasitados y no parasitados, desde agosto de 1990 hasta julio de 1991, observándose que el parásito permanece, en la mayoría de los casos, siempre sobre el mismo individuo hospedante. Camarones parasitados, vivos y muertos con el cimotoideo todavía adherido, fueron ofrecidos como alimento a los siguientes peces, *Crenicichla lepidota, Cichlaurus facetus, Gymnogeophagus sp., Pimelodus clarias, Pimelodella gracilis, Asipho-nichthys stenopterus* y *Hoplias malabaricus*, no habiéndose hallado los isópodos en el exámen posterior. Se observó que si se exponen peces a los cimotoideos, estos últimos rara vez consiguen prenderse a las aletas, permaneciendo allí hasta una semana, luego se sueltan y mueren. En caso de exponer peces y camarones, los isópodos prefieren estos últimos.

En contraste a la opinión de Lemos de Castro y Gomes Correa (1982), las observaciones realizadas confirman una marcada predilección del parásito, en cierta etapa del crecimiento, por huéspedes camarones. Ello hace prever que se estaría en presencia de un Cymothoidae de ciclo heteroxeno. No obstante, hasta comprobar experimentalmente el ciclo, no es posible emitir juicios acerca de la importancia de los camarones en la biología de estos isópodos.

AGRADECIMIENTOS

Al licenciado R.D.Tanzola por la lectura crítica de los manuscritos y por la ayuda recibida en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

STADLER, T. 1972. *Braga bachmanni*, nuevo ectoparásito de *Ancistrus cirrosus* (Crustacea, Cymothoidae en Pisces, Loricaridae). Neotropica, 18 (57): 141-145.

LEMOS DE CASTRO, A. & M.M. GOMES CORREA. 1982. Sobre um curioso caso de ectoparasitismo de *Telotha henselii* (von Martens) (Isopoda-Cymothoidae) em *Palaemonetes argentinus* Nobili (Decapoda-Palaemonidae). Bol. Mus. Nac. Rio de J. Zool., 303: 1-8.

TRILLES, J.P. 1969. Recherches sur les isopodes Cymothoidae des côtes françaises. Aperçu général et comparatif sur la bionomie et la sexualité de ces crustacés. Bull. Soc. Zool. France, 94 (3): 433- 445.

---

* Trabajo presentado en IV° Jornadas de Ciencias Naturales del Litoral. Agosto de 1991. Santa Fe, Argentina.

Laboratorio de Parasitología, Departamento de Biología, U.N.S., Perú 670, 8000 - Bahía Blanca, Argentina.

EL SISTEMA HIOIDEO-MANDIBULAR DE CHEIRODON (OSTARIOPHYSI, CHARACIDAE): UNA INNOVACION FUNCIONAL. (1)

EDUARDO DE LA HOZ Y REBECA ALDUNATE

ABSTRACT

The morphological and functional relationships between the hyoid bar and the mandible was studied in nine species of *Cheirodon*. The hyoid system shows a structural pattern characterized by the presence of a mandibulo-hyoid ligament clearly differenciated from the interoperculo-mandibular ligament.

The kinematic relationships between hyoid apparatus, suspensorium and mandible was determined by the formulation of a model based on structural relationships and functional components.

For Actinopterygian fishes the mandibulo-mandibular ligament has been described as a primitive feature of the feeding mechanism, which is related to the transmission of movements from the hyoid bar to the lower jaw during the mandibular depression.

In *Cheirodon* the ventral expansion of the buccal cavity is iniciated in the final phase of mandibular depression and remains active during the closure of the jaws. This coordination determines that the direction of the transmission of movements is inverted, going from the mandible to the hyoid bar. As a consequence of this functional innovation described for the hyoid apparatus, different alimentary strategies in *Cheirodon* could be found.

Key Words: Mechanism feeding, morphology functional, Pisces, *Cheirodon*, hyoid system.

INTRODUCCION

La participación de la barra hioídea en los mecanismos de captura de presas ha variado durante la evolución de los peces (Lauder 1982). En los actinopterigios primitivos, el movimiento de las barras producido por el músculo esternohioídeo, es el único mecanismo de apertura bucal o depresión de la mandíbula; la relación entre barra y mandíbula se realiza a través del ligamento hioideo-mandibular, que une la región posterior de la barra (epihial) con el ángulo inferior de la mandíbula (retroarticular).

En los Halecostomi se adquiere una nueva vía de acción para la depresión mandibular, a través del músculo elevador opercular, la serie opercular y del ligamento interoperculo-mandibular, manteniéndose el ligamento hioideo-mandibular en los grupos más primitivos como Protacantopterigios y Ostariophysi (De la Hoz y Chardon 1984, Lauder 1979, 1980a, 1980b, 1981, Verraes 1977); en los Teleostei más avanzados, este último ligamento cambia su punto de inserción desde la mandíbula hasta el interopercular, transformándose en un ligamento hioideo-interopercular, independizando así la barra hioídea de la acción de la bajada de la mandíbula (Liem 1980, Lauder 1982).

La presencia en las especies de *Cheirodon* (Ostariophysi) de ambos ligamentos claramente diferenciados, plantea una problemática diferente de la participación del sistema hioídeo en el mecanismo de captura de presas, considerando la distinta coordinación de movimientos entre barra hioídea y mandíbula durante la alimentación (De la Hoz y Aldunate 1985).

El objetivo de este trabajo es describir y analizar el diseño estructural del sistema hioídeo del género *Cheirodon* y las relaciones cinemáticas con el sistema mandibular.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron especímenes pertenecientes a las siguientes especies:

---

(1) Trabajo financiado por los proyectos FONDECYT 491-90 y UCV DGIPG 122.774/89.
Laboratorio de Zoología, Universidad Católica de Valparaíso, Casilla 4059, Valparaíso, Chile.

Ch. pisciculus (15 especímenes. 5,0 mm-6,0 mm de longitud estándar (LS). LZUCV, Estero Limache, Chile.

Ch. galusdae (15 specímenes. 5,0 mm-6,0 mm LS). LZUCV, Rios Ñuble e Itata, Chile.

Ch. australe (15 especímenes. 5,0 mm-6,0 mm LS). IZAU, Lago Riñihue, Chile.

Ch. interruptus (15 especímenes). Brasil (3,0 mm-5,0 mm LS. USMN) y Argentina (5,5 mm-7,0 mm LS. ILLP).

Ch. insignis (5 especímenes 2,3mm-3,0 mm LS). USNM 121511, Venezuela.

Ch. affinis (5 especímenes. 3,0 mm-4,0 mm LS). USNM 208548, Panamá.

Ch. gorgonae (5 especímenes. 2,5 mm-3,0 mm LS). USNM 208543, Panamá.

Ch. piaba (5 especímenes. 2,5 mm-3,4 mm LS). USNM 328660, Paraguay.

Ch. dialepturus (5 especímenes. 3,0 mm-4,0 mm LS). USNM 208537, Panamá.

ILLP= Instituto de Limnología, "DR. R. Ringuelet" La Plata, Argentina. IZAU= Instituto de Zoología, Universidad Austral, Valdivia, Chile. LZUCV= Laboratorio de Zoología. Universidad Católica de Valparaíso, Chile. USNM= National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C., USA.

Se realizó una detallada observación morfológica y funcional relacionada con la forma, dimensiones y posición de los distintos elementos cefálicos de las especies analizadas. Se utilizaron especímenes conservados en formalina, teñidos y diafanizados mediante las técnicas descritas por Dingerkus y Uhler (1977), y observados mediante un microscopio estereoscópico Wild M5.

La información morfométrica de los especímenes estudiados, fue obtenida a partir de esquemas digitalizados y analizados a través de un Tablero Digitalizador StretchPro Hewlett Packard y un computador Vectra ES Hewlett Packard.

Ejemplares de *Ch. pisciculus* y *Ch. galusdae* fueron filmados a una velocidad de 60 imágenes por segundo, con una Cámara de Video Panasonic Digital 5000 y una Video Grabadora Sony VO-4800, donde se obtuvo detalles sobre los movimientos estructurales y su coordinación, durante la captura de alimento.

RESULTADOS

DETERMINACION DE LAS RELACIONES CINEMATICAS ENTRE MANDIBULA, BARRA HIOIDEA Y SUSPENSORIO.

Las barras hioídeas están conformadas cada una por cuatro elementos osificados (epihial, ceratohial e hipohiales dorsal y ventral), relacionados íntimamente entre sí por zonas cartilaginosas estrechas, constituyendo una sola unidad mecánica esquelética (Fig.1). Ambas barras se articulan entre sí por sus extremos anteriores (a nivel de hipohiales). El extremo posterior de las barras se relaciona con el suspensorio a través del interhial, un pequeño hueso de extremos cartilaginosos que posee articulaciones móviles con el epihial y con la zona cartilaginosa hiosimpléctica.

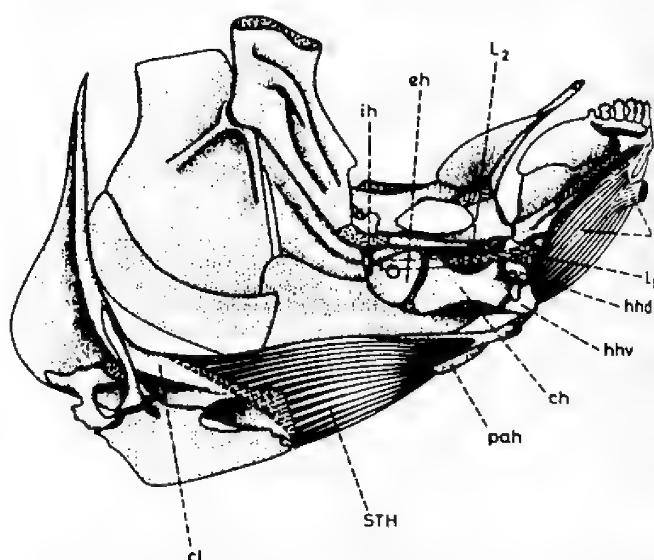


Fig. 1. Vista interna del esplancnocráneo. Conexiones entre la barra hioídea, la mandíbula y el suspensorio. ch=ceratohial. cl=cleitrum. eh=epihial. GH=músculo genihioídeo. hhv=hipohial ventral. hhd=hipohial dorsal. ih=interhial. L1=lig. interoperculo-mandibular. L2=lig.hioideo-mandibular. pah=parahial. STH=músculo esternohioídeo.

Las relaciones estructurales entre la barra hioídea y la mandíbula presentan un diseño general que se repite para el grupo de especies analizadas y donde se destaca el importante desarrollo y la consistencia del ligamento hioideo-mandibular (Fig.2). En todas las especies analizadas este ligamento se inserta en la cara

externa del epihial, cercano a la articulación interhial-epihial y en la mandíbula llega al retroarticular, ocupando el borde más interno con respecto a la zona de inserción del ligamento interoperculo-mandibular. En todos los ejemplares observados, algunas fibras se dirigen desde el borde ventral del ligamento al borde dorsal del interopercular, integrándose algunas al ligamento interoperculo-mandibular.

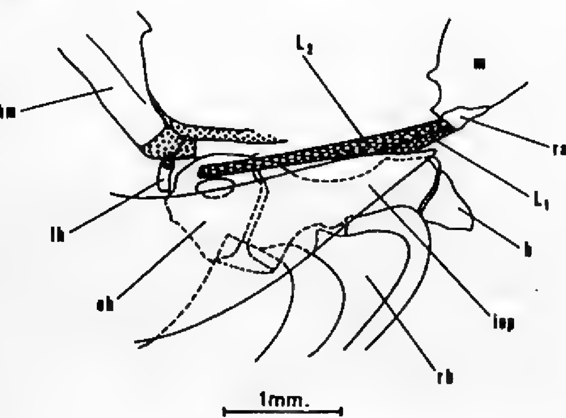


Fig. 2. Detalle de las conexiones entre barra hioídea, suspensorio y mandíbula, el cuadrado ha sido removido en parte. b=barra hioídea. eh=epihial. hm=hiomandibular. ih=interhial. iop=interopercular. L1=lig. interoperculo-mandibular. L2=lig. hioideo-mandibular. m=mandíbula. rb=rayos branquiostegales. ra=retroarticular.

Los movimientos de la barra hioídea pueden describirse como de tres tipos: separación y acercamiento lateral de los extremos posteriores de las barras, traslación antero-posterior del extremo posterior y rotación en el plano sagital del extremo anterior (bajada o subida).

Los movimientos descritos involucran tanto el plano frontal como sagital; por lo tanto, para evaluar las relaciones cinemáticas entre la barra hioídea, suspensorio y mandíbula, se deben considerar las estructuras involucradas en ambos planos.

El movimiento de rotación en el plano sagital de las barras hioídeas puede ser provocado por dos sistemas antagónicos: uno, el músculo esternohioídeo, con origen en los cleitra e inserción en el urohial, cuya acción es transmitida a las barras por intermedio de ligamentos que se insertan en los hipohiales; y el otro, el músculo protractor hioídeo, inserto en la barra y el dentario (Fig. 1).

Los movimientos de abducción y aducción de las barras en el plano frontal, pueden ser provocados por los movimientos del suspensorio o bien por la acción del músculo esternohioídeo.

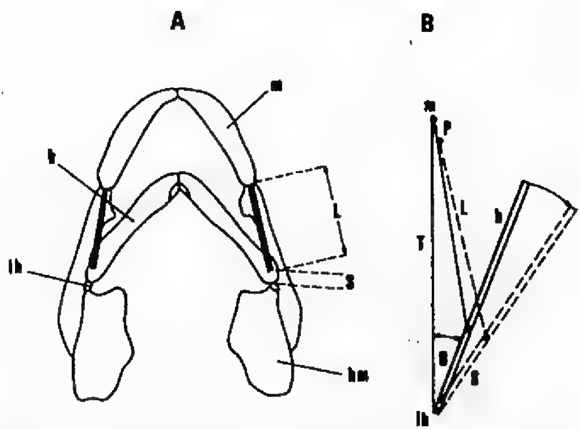


Fig. 3. A. Vista frontal de las conexiones entre la barra hioídea, mandíbula y suspensorio. B. Esquema de la acción del ligamento hioídeo-mandibular, en el plano frontal. b=barra hioídea. L=ligamento hioideo-mandibular. m=mandíbula. ih=interhial. hm=hiomandibular. S=distancia entre punto de inserción del ligamento en la barra hioídea y articulación interhial-epihial. θ=ángulo de abducción del suspensorio.

En el plano frontal, los movimientos de abducción lateral de las barras ejercen una acción de tracción sobre las mandíbulas a través del ligamento hioideo-mandibular, si se considera que su extremo posterior no se mueve respecto del interhial, ni éste respecto del suspensorio. La magnitud del desplazamiento de la mandíbula (P) provocada por la abducción de las barras y suspensorio (Fig.3), puede ser descrita por la siguiente expresión:

$$P = Y - L \qquad (1)$$

siendo $$Y = \sqrt{(T^2 + S^2 - 2 \times T \times S \times \cos\theta)} \qquad (2)$$

donde: L = longitud del ligamento hioideo-mandibular.

T = distancia entre las articulaciones interhial-epihial y cuadrato-mandibular.

S = distancia entre la articulación interhial-epihial y la inserción del ligamento en la barra.

θ = ángulo de abducción del suspensorio.

En el plano sagital (Fig.4), el sistema mecánico "barra hioídea - suspensorio - mandíbula" es más complejo, debido a la existencia del interhial, ya que se intercala un nuevo elemento que aumenta los grados de libertad de la barra hioídea.

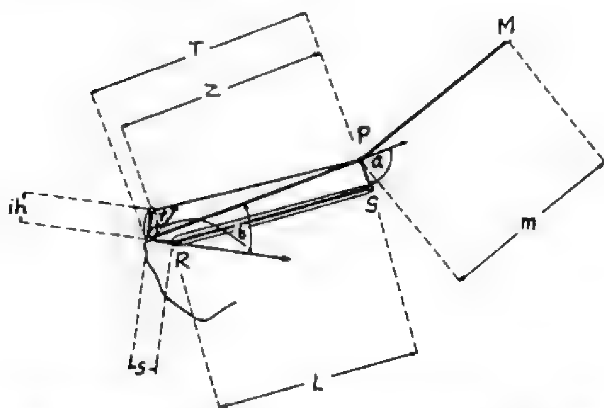


Fig. 4. Esquema en vista lateral de las estructuras hioídeas involucradas en el modelo de cuatro barras y movimientos del interhial. b=barra hioídea. ih=interhial. L=ligamento hioideo-mandibular. m=mandíbula. hm=hiomandibular. S=distancia entre punto de inserción del ligamento en la barra hioídea y articulación interhial-epihial. θ=ángulo abducción suspensorio. ø=ángulo rotación interhial.

Las barras hioídeas, además de rotar en torno a la articulación interhial-epihial, tiene la posibilidad de un movimiento de traslación anteroposterior, relacionada con la rotación del interhial alrededor de su articulación con el suspensorio.

Esta posibilidad de movimiento del interhial respecto del suspensorio, modifica las relaciones cinemáticas entre la barra y la mandíbula debido a la abducción del suspensorio descrita anteriormente. Por lo tanto, es necesario corregir la ecuación (2), calculando los valores de T mediante la expresión:

$$T = \sqrt{(ih^2 + Z^2 - 2 \times Z \times ih \times \cos \phi)} \quad (3)$$

donde:

ø = ángulo de rotación del interhial con respecto al suspensorio.

ih = longitud del interhial y

Z = distancia entre la articulación interhial-suspensorio y el eje de rotación de la mandíbula (Fig.4).

La rotación de las barras hioídeas en el plano sagital (movimiento de bajada), debido a la acción del músculo esternohioídeo, puede producir la bajada de la mandíbula.

La transmisión del movimiento de las barrras hioídeas, sin considerar la rotación del interhial, puede ser evaluada a través de un sistema de cuatro barras, representada por el cuadrilátero PQRS (Fig.4), donde:

PS = distancia entre la articulación cuadrato-mandibular y el punto de inserción del ligamento en el retroarticular.

RS = longitud del ligamento,

QR = distancia desde la inserción del ligamento al centro de rotación de la barra.

PQ = una distancia determinada por la posición del interhial y, por lo tanto, dependiente del ángulo ø.

La magnitud del segmento PQ es igual a T, y se puede calcular según (3).

Los parámetros que el modelo predice son : Factor de fuerza resultante ejercida en la mandíbula (Dfac), eficiencia cinemática o eficiencia de transmisión de los movimientos del opercular (EK) y factor de velocidad resultante ejercida en la mandíbula (Vfac). Para determinar y comparar las magnitudes del desplazamiento mandibular, se utilizan los ángulos a y b:

a = representa los movimientos de bajada mandibular, y
b = representa los movimientos de rotación (bajada) de la barra hioídea.

De acuerdo a Aerts y Verraes (1984):

$$a = \arccos((W - (V \times \sqrt{(1 - W^2 + V^2)})) \times 1/(1 + V^2))$$

donde:

$$W = ((PQ^2 + SP^2 + QR^2 - RS^2 - 2PQ \times QR \times \cos b)/(2SP))/(QR \times \cos b - PQ)$$

$$V = (QR \times \text{sen } b) / (QR \times \cos b - PQ)$$

La eficiencia cinemática (EK) se puede expresar como:

$$EK = da/db = \text{Sen } \delta \times QR / \text{sen } \tau \times SP$$

siendo

$$\delta = \arccos((QR^2 + RS^2 - SP^2 - PQ^2 - 2 \times PQ \times SP \times \cos a)/(2 \times QR \times RS))$$

$$\tau = \arccos((SP^2 + RS^2 - QR^2 - PQ^2 + 2 \times QR \times PQ \times \cos b)/(2 \times SP \times RS))$$

DATOS ESTRUCTURALES Y APLICACION DE MODELOS

En el plano frontal, los movimientos de abducción del suspensorio y, por lo tanto, también la abducción de las barras (Fig.3), modifican la distancia mínima entre las barras y mandíbula. Inicialmente esta distancia es igual a la longitud del ligamento (L), los movimientos de abdución aumentan esta distancia generando una fuerza de tensión sobre la mandíbula,

que provocaría su rotación y bajada. Este incremento de la distancia L (P, en Fig.3b) representaría la magnitud de transmisión de movimiento desde las barras hacia la mandíbula, en el plano frontal. Para la estimación de los valores de P y su variación con respecto a la abducción (ángulo Θ), se considera que el valor de T inicial será igual a la suma de la longitud del ligamento (L) y la distancia entre la articulación interhial-epihial y el punto de inserción del ligamento en la barra, que corresponde a una condición de boca cerrada y barras aducidas. El comportamiento de P para las diferentes especies (obtenidos a partir de las dimensiones estructurales de la Tabla 1), muestra que el aumento de abducción de las barras, incrementa progresivamente el efecto sobre la mandíbula (Fig.5). Aunque los valores obtenidos son en general de baja magnitud, ellos producirían un efecto notorio en la rotación mandibular.

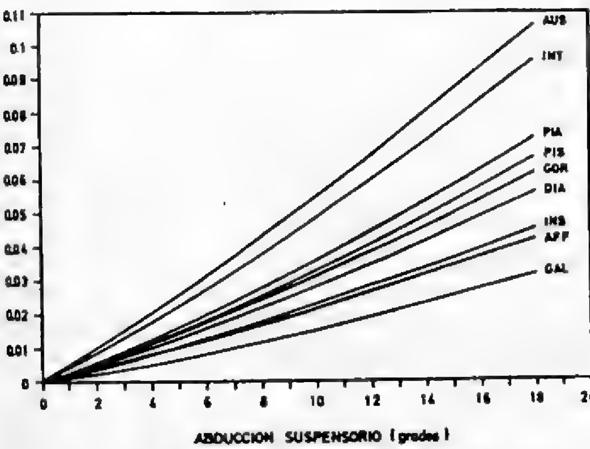


Fig. 5. Acción del ligamento hioideo-mandibular sobre la mandíbula (P) en el plano frontal, durante la abducción del suspensorio (Θ). Cada línea representa el comportamiento de un individuo de cada una de las especies analizadas.

TABLA 1. Datos estructurales relacionados con el modelo de cuatro barras, utilizado para la descripción de la acción ejercida por la barra hioídea sobre mandíbula, cada fila representa las medidas (en mm) de un ejemplar. IH=longitud interhial; L=longitud ligamento hioideo-mandibular; Z,T,SP,QR,RS,PM=barras del modelo (ver texto y Fig.4).

	IH	Z	SP	S(QR)	QR/SP	L	PM
Ch. piaba	0.38	2.26	0.37	0.36	0.97	2.05	2.73
Ch. affinis	0.2	1.65	0.28	0.16	0.58	1.38	2.33
Ch. insignis	0.26	1.56	0.18	0.2	1.12	1.4	1.99
Ch. gorgonae	0.31	1.68	0.34	0.28	0.81	1.62	2.54
Ch. interruptus	0.42	2.65	0.42	0.41	0.98	2.64	3.77
Ch. dialepturus	0.27	1.75	0.24	0.26	1.08	1.59	2.26
Ch. galusdae	0.4	1.82	0.28	0.18	0.65	1.76	2.62
Ch. pisciculus	0.64	2.68	0.33	0.35	1.08	2.58	3.27
Ch. australe	0.51	2.77	0.4	0.41	1.02	2.74	2.96

En la descripción de la participación de los movimientos del interhial en el plano sagital, aunque el ángulo de rotación del interhial (ø) puede variar teóricamente en más de 180 grados, se ha estimado que, debido a limitaciones estructurales, éste sólo tendría capacidad de rotar hasta un máximo de 110°.

En la etapa inicial del movimiento de abducción del suspensorio, el interhial ocuparía una posición variable entre las especies, con un rango del ángulo ø entre 55° y 83°, pudiendo entonces rotar en ambos sentidos. La libertad de rotación anterior del interhial determina que el efecto que pudiera tener la abducción del suspensorio sobre la mandíbula, se vería anulado con la disminución del ángulo ø, a menos que exista alguna fuerza que fije posteriormente el interhial.

Similarmente, el interhial también tendría una acción compensatoria con respecto al efecto de la rotación de las barras hioídeas sobre la mandíbula (Fig.4). El inicio de los movimientos de bajada de las barras determina que el interhial pueda tener una acción de pivote a medida que las barras bajan, rotando en dirección anterior disminuyendo así el valor de ø, y sólo se esperaría un efecto sobre la mandíbula en la fase final de depresión.

En la estimación de los valores mínimos del ángulo de rotación del interhial, a partir de los cuales puede producirse una acción sobre la mandíbula, para distintos ángulos de bajada de la barra hioídea (Fig.6), el grupo de las especies chilenas (*Ch. pisciculus*, *Ch. galusdae* y *Ch. australe*) se destaca por presentar un rango más amplio donde la acción de las barras sobre la mandíbula es nula.

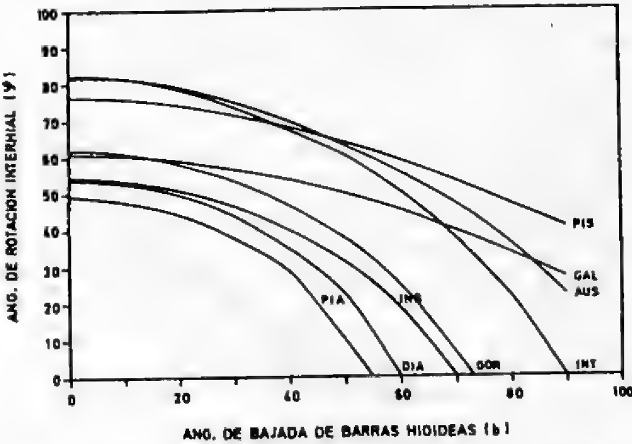


Fig. 6. Simulación del comportamiento esperado, de la acción ejercida por la bajada de la barra hioídea sobre la mandíbula. Cada curva representa los rangos de valores de ángulos de rotación del interhial (ø), para determinados ángulos de bajada de las barras (b), donde la acción de la barra sobre la mandíbula puede ser compensada.

Debido a la existencia del ligamento hioideo-mandibular, los movimientos de las barras y mandíbulas están mutuamente influenciados. Sin embargo, la posición inicial del interhial y su rotación anterior (disminución del ángulo ø) durante la bajada de las barras hioídeas, puede eliminar o restringir la transmisión de movimientos de éstas hacia la mandíbula.

A pesar de la similitud en el comportamiento descrito para las especies, cabe destacar que *Ch. affinis* presenta un efecto constante de las barras sobre la mandíbula, comportamiento que no se ve afectado por la posición del interhial; también se observa que los rangos de los movimientos mandibulares provocados mediante las barras, son menores que en las otras especies.

Comparativamente, esta especie presenta los menores valores de longitud del interhial y relación SP/QR, que determina una menor trasmisión de los movimientos de la barra (ver valores estructurales y de eficiencia cinemática en Tabla 1 y Fig.7). Esto sugiere que probablemente esta especie presente un mecanismo alimentario distinto al descrito para las otras especies.

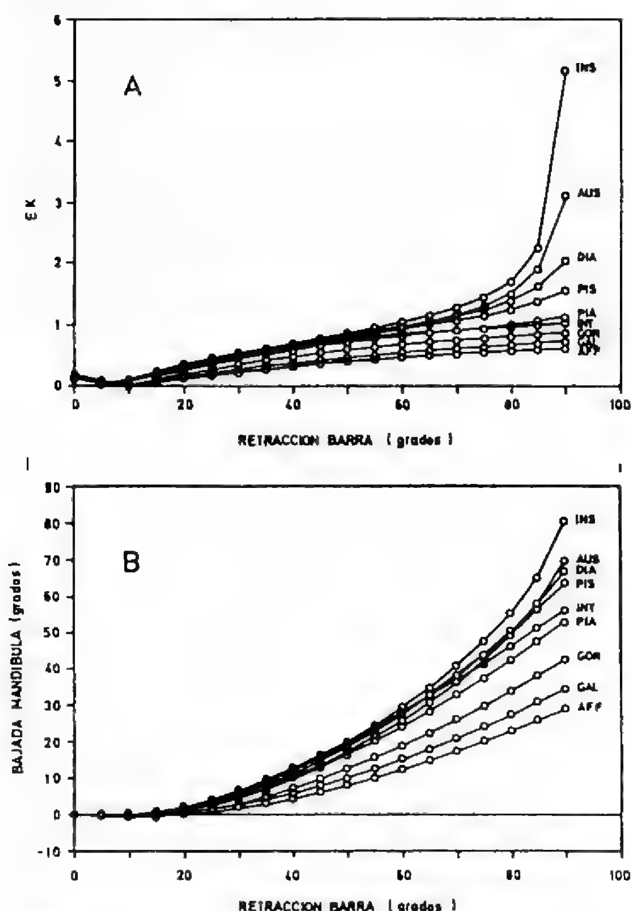


Fig.7. A. Eficiencia de transmisión cinemática (EK) de los movimientos de bajada de la barra hioídea, considerando una posición del interhial orientada posteriormente (ø=110°). B. Desplazamientos de bajada mandibular producidos por los movimientos de la barra hioídea. Cada línea representa el comportamiento de un individuo de cada especie analizada.

En el comportamiento de EK considerando ø= 110° (Fig.7) se comprueba la baja eficiencia de trasmisión de los movimientos de la barra, lo cual está determinado por la relación de los segmentos QR y SP, donde QR > SP dado por la cercanía del punto de inserción del ligamento en la barra y la articulación interhial-epihial.

DISCUSION

La participación de las barras hioídeas en la realización de los mecanismos de respiración y de alimentación, ha sido descrita en relación a tres actividades: depresión o expansión ventral de la cavidad bucal, expansión lateral (abducción) del suspensorio, y depresión mandibular o apertura bucal (Aerts et al 1987, Anker 1974, Muller 1987 y 1989, Osse 1969, Westneat y Wainwright 1989).

El ligamento hioideo-mandibular es el elemento que hace posible la transmisión de fuerzas y movimientos desde la barra hioídea hasta la mandíbula, produciendo la apertura de la boca. Esta relación cinemática entre barra hioídea y mandíbula se ve favorecida por la presencia de un interhial, que se intercala entre epihial y suspensorio, cuya rotación posterior permite la retracción posterior de la barra hioídea (Lauder 1980a, 1980b, Liem 1980).

La aparición de la cadena cinemática "opercular — interopercular — ligamento interoperculo-mandibular — retroarticular", libera al sistema hioídeo de la dependiente sincronía entre su depresión y la apertura bucal. Sin embargo, al menos en los teleósteos primitivos, la persistencia del ligamento hioideo-mandibular es explicada como una posibilidad de que ambos sistemas puedan actuar sinérgicamente, efectuando una más rápida depresión mandibular, con mayor fuerza, o funcionar en diferentes momentos de la fase expansiva.

Los estudios realizados sobre mecanismos de captura de presas en diversas especies que poseen ambos sistemas, indican una coordinación de los movimientos de depresión de las barras hioídeas con la apertura bucal (Lauder 1979, 1980a, 1980b, 1981, Liem 1980). Esta sincronía está en relación a la realización de un tipo de captura por succión, en el que es importante la realización coincidente de una máxima apertura bucal con la máxima expansión de la cavidad bucal.

A diferencia de otros peces que presentan el ligamento hioideo-mandibular, en *Cheirodon* se observa que los movimientos de depresión del piso de la boca comienzan cuando la mandíbula se encuentra en su última etapa de bajada, continuando éstos durante el cierre mandibular (Fig.8). Por lo tanto, para este grupo la presencia del ligamento hioideo-mandibular no se relaciona con la función de apertura bucal.

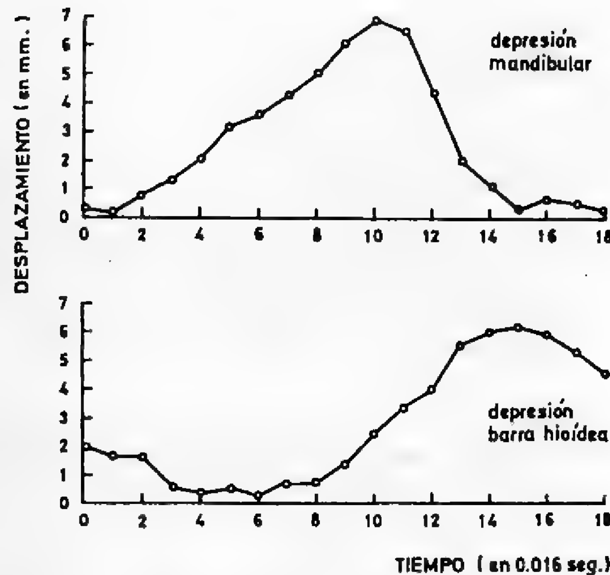


Fig. 8. Representación gráfica de los desplazamientos sincrónicos de la mandíbula y barra hioídea, en un ciclo de apertura y cierre mandibular. Distancias recorridas de las respectivas estructuras medidas cada 1/40 segundos.

Sin embargo, no se puede desconocer que la existencia de un ligamento de ese tipo indica la realización de una función de transmisión de fuerzas o movimientos entre la barra hioídea y la mandíbula.

Considerando que la depresión hioídea coincide con la subida de la mandíbula, la posibilidad de transmisión de fuerzas o movimientos se invierte, pasando desde la mandíbula a las barras.

Esta consideración tiene especial importancia, si se toma en cuenta las características del sistema de captura de presas de las especies de *Cheirodon* (De la Hoz y Aldunate 1985).

Los requerimientos de una succión durante los movimientos de cierre bucal, cuando la mandíbula está realizando su acción de raspar, hace necesario una coordinación entre mandíbula y barras hioídeas. La conexión directa entre ambas estructuras hace dependientes ambos sistemas, de modo que el mecanismo se realice automáticamente.

Por otra parte, los movimientos de las barras por acción del músculo esternohioídeo, también provocan una expansión lateral del suspensorio (Muller 1989, Liem 1980). Durante la primera fase de bajada de las barras hioídeas, la componente lateral transmitida sobre el suspensorio es máxima, minimizándose ésta a medida que el ángulo de abducción de las barras se acerca a los 90° (ángulo b, Fig.4). En este contexto, y considerando que la mandíbula se encuentra en su fase de cierre, la existencia del ligamento hioideo-mandibular representaría la posibilidad de transmitir el movimiento mandibular hacia el extremo proximal de las barras, acelerando el cambio del ángulo (b) y disminuyendo así la componente de abducción sobre el suspensorio. De acuerdo al mecanismo alimentario de *Cheirodon* descrito, la abducción del suspensorio se relaciona con un adelantamiento de la mandíbula, que se produce durante la apertura bucal; una expansión lateral de la cavidad bucal durante el cierre bucal interfiere con los movimientos de la mandíbula e impediría la realización de la trayectoria circular de ésta. La presencia del ligamento hioideo-mandibular en *Cheirodon* estaría, entonces, relacionado también con la producción de una expansión de la cavidad bucal, principalmente causada por depresión del piso de la boca y no por abducción del suspensorio.

En peces, la adquisición de innovaciones estructurales, generalmente está asociada con la aparición, como consecuencia, de también novedosos sistemas funcionales (Chu 1989, Lauder 1982, Liem 1973, Liem y Osse 1985, Westneat y Wainwright 1989). No obstante, el patrón estructural y funcional que presenta *Cheirodon* plantea una problemática biológica diferente; por un lado, mantiene una configuración estructural propia de Teleósteos primitivos, lo que determina un estricto acoplamiento entre los movimientos de la barra hioídea y la mandíbula. Por otro lado, dadas las características del funcionamiento del sistema hioideo-mandibular en *Cheirodon*, que invierte el sentido de esta cadena cinemática, esta conexión tiene como resultado la aparición de un mecanismo de captura de presas, con nuevas características y posibilidades funcionales.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Stanley H. Weitzman del National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, Estados Unidos, a la Dra. Amalia Miquelarena del Museo de La Plata, Argentina y al Dr. Hugo Campos de la Universidad Austral de Chile, el haber proporcionado especímenes de varias de las especies

utilizadas en este estudio. Se agradece también a la dibujante científico Sra. Carmen Tobar M., por la transcripción de las figuras.

REFERENCIAS

AERTS,P. & W.VERRAES.1984. Theoretical analysis of a planar four bar linkage in the teleostean skull. The use of mathematics in biomechanics. Ann. Soc. R. Zool. Belgique, 114:273-290.

AERTS,P., J.W.M.OSSE & W.VERRAES.1987. Model of jaw depression during feeding in *Astatotilapia elegans* (Teleostei:Cichlidae): Mechanism for energy storage and triggering. J. Morphol., 194:85-109.

ANKER,G.C.1974. Morphology and kinetics of the stickleback, *Gasterosteus aculeatus*. Trans. Zool. Soc. London, 32: 311-416.

CHU,C.T.1989. Functional design and prey capture dynamics in an ecologically generalized surfperch (Embiotocidae). J. Zool. (London), 217:441-448.

DE LA HOZ,E. & R.ALDUNATE.1985. Mecanismo mandibular en *Cheirodon pisciculus* Girard, 1884 (Ostariophysi; Characidae). Rev.Chil.Hist. Nat., 58: 139-155.

DE LA HOZ,E. & M.CHARDON.1984. Skeleton, muscles, ligaments and swimm-bladder of a Gymnotid Fish *Sternopygus macrurus* Bloch y Schneider (Ostariophysi; Gymnotoidei). Bull. Soc. R. Sci. Liège, 53e année, 1:9-53.

DINGERKUS,G. & L.D.UHLER.1977. Enzime clearing of alcian blue stained whole small vertebrates for demonstration of cartilage. Stain Technology, 52(4): 229-232.

LAUDER,G.V.Jr.1979. Feeding mechanism in primitive teleosts and the halecomorph fish *Amia calva*. J. Zool. (London), 187:543-578.

LAUDER,G.V.Jr.1980a. Evolution of the feeding mechanism in primitive actinopterygian fishes: A functional anatomical analysis of *Polypterus*, *Lepisosteus* and *Amia*. J. Morphol., 163:283-317.

LAUDER,G.V.Jr.1980b. The role of the Hyoid apparatus in the feeding mechanism of Coelacanth *Latimeria chalumnae*. Copeia (1): 1-9.

LAUDER,G.V. Jr.1981. Intraspecific functional repertories in the feeding mechanism of the Characoid fishes *Lebiasina*, *Hoplias* and *Chalceus*. Copeia (1): 154-168.

LAUDER,G.V.Jr.1982. Patterns of evolution on the feeding mechanism of Actinopterygian fishes. Amer. Zool., 22:275-285.

LIEM,K.F.1973. Evolutionary strategies and morphological innovations; Cichlid pharyngeal jaws. Syst. Zool., 22:425-441.

LIEM,K.F.1980. Adaptative significance of intra and interspecific differences in the feeding repertories of Cichlid fishes. Amer. Zool., 20:295-314.

LIEM,K.F. & J.W.M.OSSE.1985. Biological versatility, evolution and food explotation in african Cichlid fishes. Amer. Zool., 15(2): 427-454.

MULLER,M.1987. Optimization principles applied to the mechanism of neurocranium levation and mouth bottom depression in bony fishes (Halecostomi). J. Theor. Biol., 126:343-368.

MULLER,M.1989. A quantitative theory of expected volume changes of the mouth during feeding in teleost fishes. J. Zool. (London), 217:639-661.

OSSE,J.W.M.1969. Functional morphology of the head of the perch (*Perca fluviatilis*): An electromyographic study. Neth. J. Zool., 10:289-392.

VERRAES,W.1977. Postembryonic ontogeny and functional anatomy of the ligamentum mandibulo-hyioideum and the ligamentum interoperculo-mandibulare, with notes on the opercular bones and some other cranial elements in *Salmo gairdneri* Richarson, 1836 (Teleostei: Salmonidae) J. Morphol., 15:111-120.

WESTNEAT,M.W. & P.C.WAINWRIGHT.1989. The Feeding mechanics of *Epibulus insidiator*: Evolution of a novel functional system. J. Morphol., 202:129-150

An.Mus.Hist.Nat.Valparaíso,22:91-101,1994

ANÁLISIS TAXONÓMICO DE LAS SUBESPECIES CHILENAS DE *SCYTALOPUS MAGELLANICUS* (FAM. RHINOCRYPTIDAE AVES) A TRAVÉS DE SUS CANTOS.

GUILLERMO RIVEROS G.* Y NATALIA VILLEGAS R.

ABSTRACT

The purpose of this work is analyze bioacustic's characters of the song to give us the differentation is a level subspecific of the *Scytalopus magellanicus*.

The vocal's manisfestations were registered for both subspecies in the V Region towns (Ocoa Sector of the "La Campana National Park, Forestal Reserve of Peñuelas in Valparaíso city and sclerophile forests of Cost's chain montains) in VII region, (Sierra Bellavista), VIII region (Altos del Bío-Bío Icalma), IX region, (Valdivia and Río Cisnes) and X region (Chiloé and Huillinco). To commencing of these recordings had determinate the different types of vocalizations coorresponding for *S. magellanicus magellanicus* five types the song and four calls what though for *S. magellanicus fuscus* only one, it to belong at the song. The sonograms were realized for each one of the determined vocalizations for both subspecies, afterword had analize and delineate the melodic's spectre determinating the differences between these two subspecies its makes us to think that they are two different species. To apply crossing play-bak between north's town of Bío-Bío river and south's town of this river, there is not specifical recognition, yet existing a great morpholigical likeness (criptics), permiting in the manner to confirm the theory to se different species.

Key Words: Bioacustic, vocal, repertorie, speciation, *Scytalopus*, bird, Chile.

INTRODUCCION

Para las aves la señal acústica tiene una función biológica fundamental que es el reconocimiento específico entre los individuos de una misma especie (Vielliard 1986). La señal acústica, siendo un vehículo de una información específica, sigue una evolución adaptativa y filogenética, y por eso ha sido usada cada vez más para evaluar las relaciones entre poblaciones o especies afines (Orenstein y Pratt 1983, Hardy 1961, Payne 1986). La vocalización utilizada para el reconocimiento específico de los individuos de la misma especie se denomina canto que también pueden tener funciones de cortejo y defensa territorial que son conductas subsecuentes al reconocimiento específico (Vielliard 1986, Riveros 1988 y 1989). Otros tipos de vocalizaciones son los gritos que tienen funciones diferentes al canto. Entre las funciones que se relacionan a estos gritos se encuentran: grito de alarma, advertencia, contacto, localización de polluelos, presencia de predadores etc. (Collias 1960, Vielliard 1986, Riveros 1988 y 1989).

Las vocalizaciones permiten relacionar taxonómicamente subespecies, especies y géneros, debido a que las emisiones sonoras reflejan la secuencia de especiación (Payne 1986), cantos de especies estrechamente relacionadas pueden ser comparados y los patrones resultantes tienen tanta o más importancia que ciertos caracteres morfológicos, este tipo de relación ha sido usado en varios grupos de aves (e.g. Hardy 1961, Diamond 1980, Short y Horne 1983). La familia de los Rhinocryptidae, endémica de América del Sur se compone de 12 géneros y 28 especies (Meyer de Schauensee 1970) o 30 especies (Edwards 1986).

El género *Scytalopus* es uno de los más diversificados y está constituido por 10 especies que se distribuyen en toda la zona neotropical desde Panamá hasta el sur América del Sur (Edwards 1986). En Chile se encuentra una sola especie de este género, *Scytalopus magellanicus* que se distribuye desde el Oeste de Venezuela hasta Tierra del Fuego tanto en el sector argentino como chileno, incluyendo las Islas Malvinas (Hellmayr 1932, Goodall et al 1946).

Scytalopus magellanicus en Chile presenta dos subespecies *S. m. fuscus* Gould y *S. m. magellanicus* (Gmelin) la primera se distribuye desde el Sur de Atacama hasta el río Bío-Bío y la segunda desde el río Bío-Bío hasta la Tierra del Fuego y Argentina en Neuquén, Chubut e Islas Malvinas (Goodall et al 1946, Housse 1948).

Proyecto Financiado por FONDECYT 015/92
Trabajo presentado para la incorporación a la Sociedad de Biología de Chile,1993.
* Facultad de Ciencias Naturales y Exactas.Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación. Casilla 34-V Valparaíso. Chile

Estas dos subespecies son crípticas y de difícil diferenciación por su colorido de las plumas, pero manifiestan claras diferencias en el canto lo que ha conducido a denominarlos por la onomatopeyas de sus emisiones vocales, como "churrín" en el Norte y "patrás patrás" en el Sur (Goodall et al 1946, Housse 1948) otras características biológicas están mencionadas en la Tabla 1.

Características Biológicas de las subespecies de Scytalopus magellanicus

	S. m. fuscus	S. m. magellanicus
Distribución	Desde el Sur de Atacama hasta el Río Bío-Bío	Desde el Río Bío-Bío hasta Tierra del Fuego internándose en la cordillera de Ñuble en Argentina, Neuquén al Sur
Hábitat	Quebradas boscosas o matorral tupido hasta los 3200 msnm.	Bosques húmedos y sombríos en el sotobosque de quila y matorrales
Nidificación	Entre los meses de Octubre a Enero	Entre Octubre y noviembre
Nº de huevos	2-3 blancos	2-4 blancos
Alimentación	Principalmente de insectos	Insectos, Arácnidos

Vuilleumier (1985) hace mención a esta diferenciación vocal, indicando además que observó ambas formas en la zona del Bío-Bío lo que haría que estas dos subespecies cohabiten en ese sector pero en formaciones vegetacionales distintas, desconociéndose la situación de estas dos subespecies. Short (1969) hace un análisis de la distribución de los Rinocriptidos chilenos recalcando las diferencias vocales entre las dos subespecies de *Scytalopus magellanicus*. Alarcón (1981) al estudiar las vocalizaciones de las aves autóctonas de los bosques nativos en la región de Valdivia describe el canto de *Scytalopus m. magellanicus* a través de parámetros físicos.

Fyeldsa y Krabbe (1990) realizaron un análisis de las emisiones vocales de las especies andinas del género *Scytalopus* junto con otras características como son la distribución, hábitat y período de nidificación entre otras. Se sospecha que la especie en estudio sería alopátrida, es decir la población fue separada por una barrera geográfica, dando origen a una población diferenciada. Al partir de esta base, la divergencia ocurriría en términos genéticos y conductuales.

Vielliard (1990) hace un estudio bioacústico de las especies brasileras del género Scytalopus señalando las características vocales y físicas de las emisiones sonoras y las relaciones filogenéticas entre estas especies (*S. speluncae S. indigoticus S. novacapitalis*) y señala la necesidad de establecer las relaciones filogenéticas de este género a través de sus vocalizaciones, mencionado también por Sick (1960) al caracterizar estas especies como crípticas.

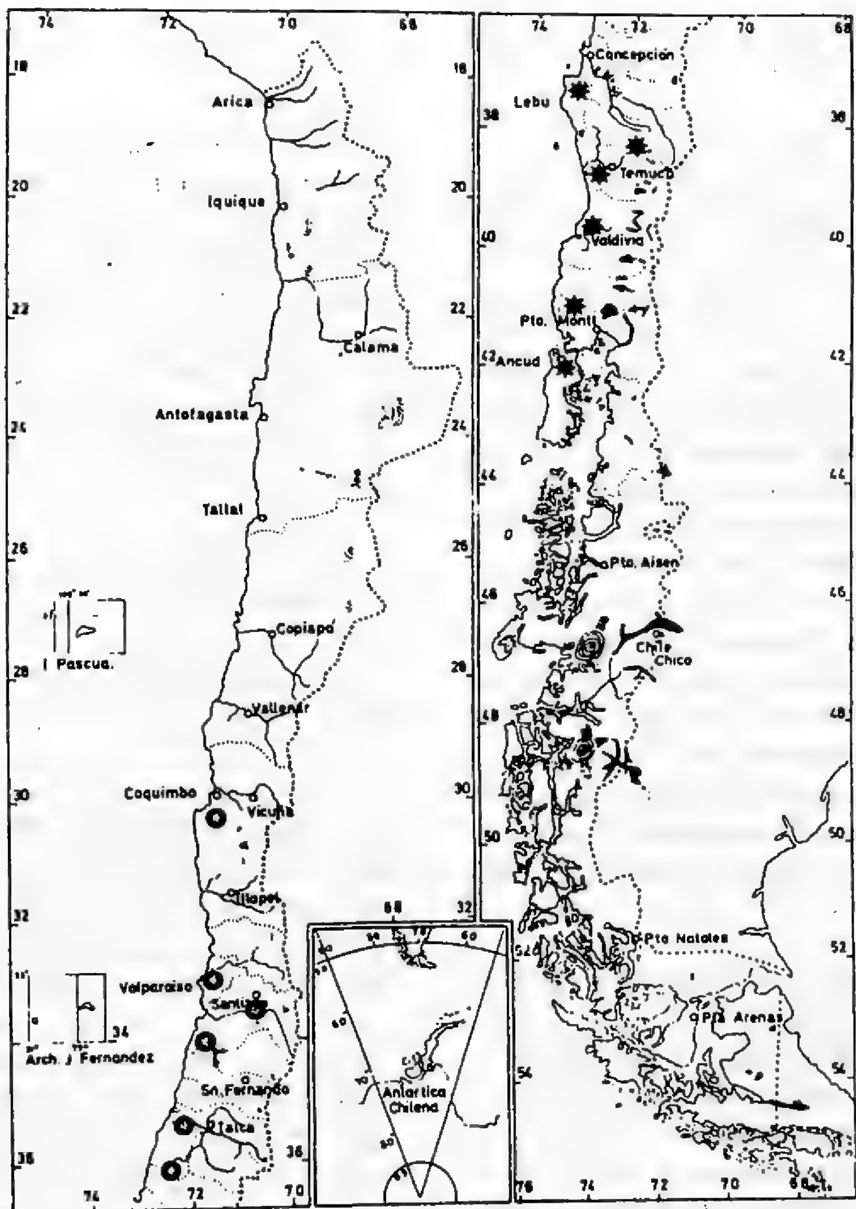
En relación a las otras especies del género *Scytalopus* se tiene información de la mayoría de ellas. Para *S. macropus* están siendo analizadas por Schulenberg (Com. pers.). Hilty y Brown (1986) descubren dos tipos de vocalizaciones para *S. unicolor* que podrían ser atribuidas al canto y gritos de alarma y describen el canto de *S. femoralis y S. latebricola*. Para las especies *S. argentifrons* y *S. panamensis* se describen de manera general las vocalizaciones que ellos emiten (Wetmore 1976).

El objetivo general de este trabajo es analizar los caracteres bioacústicos del canto que puedan explicar la diferenciación a nivel subespecífico de la especie *Scytalopus magellanicus* o que podría implicar incluso la diferenciación a nivel de especie sí esta existiese.

METODO

Debido a que las vocalizaciones son emitidas con una mayor frecuencia de vocalización, durante el ciclo reproductivo, las especies fueron observadas en su hábitat con sus respectivas parejas, además de aquellas parejas en proceso de formación. Después de haber identificado las parejas para las dos subespecies en estudio, *Scytalopus m. magellanicus y Scytalopus m. fuscus* se realizaron observaciones de los comportamientos presentados durante las

diferentes emisiones vocales, según la metodología de Lehner (1979). Estas observaciones se realizaron por tres a cuatro días por semana durante los meses de junio 1991 a enero de 1992 y entre junio de 1992 y enero de 1993 en las localidades de Sector Ocoa del Parque Nacional La Campana, Reserva Forestal de Peñuelas en Valparaíso y bosques esclerófilos de quebradas de la Cordillera de la Costa (V región), Sierra Bellavista, Altos de Bío-Bío Icalma (VIII región), Valdivia y Río Cisnes (IX región) y Chiloé y Huillinco (X región) (Fig.1).



Mapa 1.- Localidades muestreadas para la obtención del repertorio vocal de *Scytalopus magellanicus fuscus* ● y *Scytalopus magellanicus magellanicus*.✱

Las emisiones vocales fueron registradas con un grabador SONY digital record portátil con un micrófono ultra direccional Sony C-76. Los sonidos fueron registrados en cintas magnéticas para audio, se hicieron emisiones de sus propios cantos para observar y registrar las respuestas a éstos como también los gritos propios o los cantos y gritos de otros individuos de la misma población como de otras poblaciones (play-back). Estas grabaciones se realizaron a distintas horas del día para determinar si existían variaciones estructurales durante diferentes períodos del día.

El diferenciar cuál es el canto de una determinada especie se requiere previamente determinar el repertorio vocal de la especie y luego someter a cada una de las emisiones vocales diferenciadas, a experiencias de "play back", que consiste en hacer escuchar su propia vocalización al individuo grabado y observar el comportamiento realizado, después de dicha emisión y a partir de estas observaciones determinar cual es la vocalización de reconocimiento específico de la especie, que se diferencia de las demás porque al aplicar el canto a un determinado individuo en proceso reproductivo lo asocia a un congénere coespecífico y responde con comportamientos definidos al acercarse silenciosamente el lugar de emisión de la vocalización, en segundo lugar empieza a emitir el canto con variaciones de intensidad y frecuencia de emisión para expulsar al posible invasor de su territorio, llegando incluso al comportamiento agresivo. Para aquellas vocalizaciones que son consideradas de gritos no ocurren estos comportamientos al someterlos a "play back".

Se aplicó la técnica de play-back en ambas zonas de distribución de las dos subespecies en tres poblaciones distintas (8 individuos de cada población) alejadas unas de otras para cada subespecie y se compararon con los resultados de los "play back" realizados a cada subespecie para determinar los cantos respectivos, esto indicaría si hay reconocimiento específico a través de los cantos al emitirlos en forma cruzada.

Las grabaciones ya editadas fueron escuchadas repetidas veces y se hicieron listados de todos los sonidos registrados en cada una de ellas, seleccionándose las emisiones más representativas y relacionadas a lo distintos tipos de comportamiento para hacer los sonogramas. Los sonogramas fueron hechos en un sonógrafo Kay Elemetrics type B/65. Las especificaciones físicas utilizadas fueron: 0-8 kHz 2.4 s, filtro de banda ancha (300 Hz) y escala linear (Collias 1963).

Además se consideraron las características morfológicas de ambas subespecies, se obtuvieron las medidas biométricas de: largo total, largo de ala, largo de cola, largo y ancho del culmen, largo del tarso, largo y ancho de huevos. Estas medidas fueron obtenidas de colecciones de pieles y huevos de museos zoológicos de Universidades (Instituto de Oceanología de Montemar de la Universidad de Valparaíso, Universidad Católica de Valparaíso, Universidad de Concepción y Universidad Austral de Chile) y de Museos (Museo de Historia Natural de Valparaíso y Museo Nacional de Historia Natural de Santiago), así como los logrados en terreno.

RESULTADOS

I.- Análisis morfométrico de las subespecies del género *Scytalopus*.

Las medidas morfométricas para ambas subespecies, muestran ligeras diferencias, no permitiendo encontrar diferencias claras entre estas dos subespecies aunque sean estadísticamente significativas (Tabla 1). Sí queremos diferenciarlas a través del colorido de su plumaje son prácticamente iguales, cuerpo enteramente de un gris negruzco que en el dorso y parte superior de la cabeza llega a ser casi negro, sólo las plumas de las piernas, primarias y supracaudales son más claras con tendencia al bruno, pico negro, patas color córneo, los huevos son de color blanco típicos de especies que nidifican en nidos protegidos. Según Goodall et al (1946), Hellmayr (1932), Housse (1948) y Vuilleumier (1985) esta especie es críptica al igual que todas las especies de Rhinocriptidos chilenos. (Tabla 2.)

Medidas morfométricas de las subespecies de Scytalopus magellanicus

	S. m. fuscus mm	DV	S. m. magellanicus mm	DV	Significación X= 0.05
Largo total	118.0	2.0	112.0	1.5	***
Largo ala	53.3	1.2	48.5	1.8	***
Largo cola	41.6	1.5	39.6	1.2	***
Largo culmen	12.2	0.3	10.6	0.2	***
Ancho culmen	3.4	0.2	3.3	0.2	*
Largo tarso	20.0	1.1	18.9	0.7	***
Largo huevo	21.5	0.5	22.0	0.4	***
Ancho huevo	17.2	0.3	17.0	0.4	*
	n= 42		n= 38		

Medidas medias y desvación estandar (*, significativo)

II.- Análisis de las emisiones vocales de las subespecies de *Scytalopus magellenicus.*

A.- Repertorio vocal de *Scytalopus magellanicus magellanicus*, que se distribuye desde el río Bío-Bío hasta Tierra del Fuego.

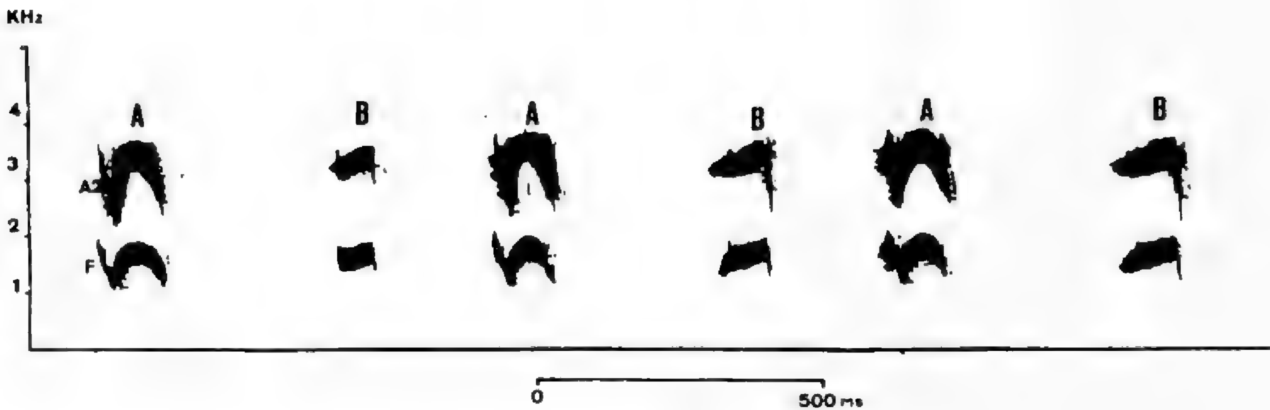
El repertorio para *S. m magellanicus* se compone de cinco vocalizaciones (Canto y cinco gritos). Se registraron un número total de 139 emisiones vocales correspondiendo al canto (38), Grito I (37), Grito II (21), Grito III (15), Grito IV (28).

Descripción de vocalizaciones de *Scytalopus magellanicus magellanicus*

1.- Canto: El canto es una vocalización que es emitida por los machos, durante las primeras horas del día como también en el atardecer. Las características físicas resultante de un análisis del espectro melódico permite reconocer dos tipos (**A** y **B**) de notas armónicas emitidas a intervalos que varían entre 190 y 320 ms. La nota **A** se compone de un fundamental modulado (**F**) cuya frecuencia se modula ascendentemente entre 1000 y 2100 Hz. para luego descender hasta los 1000 Hz, concentrándose la energía entre los 1450 y 2100 Hz teniendo una duración que varía 90 y 120 ms. La nota **B** También es una nota modulada con armónicos (**A2**),siendo el fundamental modulado ascendentemente entre las frecuencias máximas 1820-1920 Hz y las frecuencias mínimas de 1500-1550 Hz teniendo una duración que varía entre 70-100 ms. (Fig. 2).

Características físicas del canto
Scytalopus m. magallanicus

Tipo de notas	Emitidas a intervalos de ms	Frecuencia Hz	Duración ms	Armónicos
dos (A y B)	190-320	A.- 1000-2100-1000	90-110	sí (F y A2)
		B.- 1550-1920 max. 1500-1820 min.	70-100	sí (F y A2)



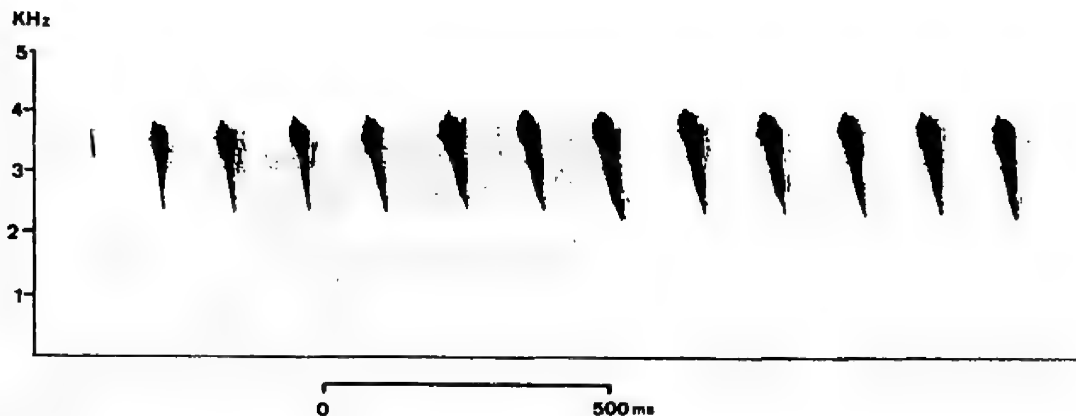
Características físicas del grito I
Scytalopus m. magellanicus

Tipo de notas	Emitidas a intervalos de ms	Frecuencia Hz	Duración ms	Armónicos
una A2	110-160	2100-3640-2000	100-170	sí (F y A2)



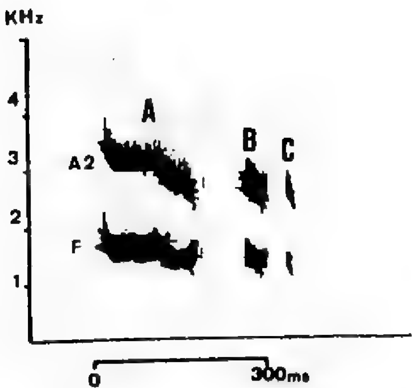
Características físicas del grito II Scytalopus m. magellanicus

Tipo de notas	Emitidas a intervalos de ms	Frecuencia Hz	Duración ms	Armónicos
una	100-110	4200-2500	36-45	no



Características físicas del grito III de Scytalopus m. magellanicus

Tipo de notas	Emitidas a intervalos de ms	Frecuencia Hz	Duración ms	Armónicos
tres (A,B y C)	520-600	A.- 2270-1730 max. 1550-1000 min.	130-140	sí (F y A2)
		B.- 1350 Frec. media	30-40	sí (F y A2)
		C.- 1270 Frec. media	10-20	sí (F y A2)



Características físicas del grito IV
Scytalopus m. magellanicus

Tipo de notas	Emitidas a intervalos de ms	Frecuencia Hz	Duración ms	Armónicos
siete similares	500-580	2360-1360	45-47	sí (F y A2)



Características físicas del canto
Scytalopus m. fuscus

Tipo de notas	Emitidas a intervalos de ms	Frecuencia Hz	Duración ms	Armónicos
una	550-560	1450-3900	230-240	sí (F y A2)



2.- GRITO I: Esta vocalización es emitida por individuos de ambos sexos, pero aún no se ha podido determinar el contexto conductual a causa que ambas subespecies (*S.m.m.* y *S.m.f.*) realizan gran parte de sus actividades bajo vegetación tupida y fue difícil registrar su comportamiento cuando vocalizaban. Sus características melódicas corresponden a una nota modulada con presencia de armónicos (**A2**). La nota fundamental (**F**) no aparece claramente definida debido a que la energía de emisión se encuentra concentrada en el armónico 2 del cual se puede señalar que es una nota modulada en forma ascendente desde los 2100 Hz hasta los 3640 Hz para luego descender a los 2000 Hz la duración tanto del fundamental como del armónico 2 varían entre 100 y 170 ms. Esta nota es emitida varias veces a intervalos de tiempo que varían entre 110 y 160 ms (Fig. 3).

3.- Grito II: Es una emisión sonora que es vocalizada cuando se encuentra buscando alimento en el piso del bosque. Desde el punto de vista físico esta vocalización se caracteriza por la emisión de notas moduladas sucesivas (12 notas en 1600 ms). Estas notas son bastantes homogéneas pero de duración variable, entre 36 y 45 ms sus frecuencias de modulación descendente corresponden a 2500 Hz como frecuencia inferior y 4200 Hz de frecuencia superior. Los intervalos de emisión entre una nota y otra son regulares (100-110 ms) (Fig. 4).

4.- Grito III: Es emitido por ambos sexos a diferentes horas del día, principalmente bajo la presencia del ser humano lo que haría pensar que son gritos de advertencia o alarma. Se caracteriza por estar formado por tres notas melódicas y con presencia de armónicos; la primera de ellas (**A**) es la de mayor duración (130 ms) presentando una frecuencia superior modulada descendente desde 2270 Hz a 1730 Hz y las frecuencias inferiores desde 1550 a 1000 Hz, entre el final de la primera nota y la segunda hay un período de tiempo de 70 ms; la segunda nota (**B**) es una nota modulada descendentemente con presencia de armónico cuya duración es de 30 ms y su frecuencia media del fundamental es 1350 Hz. Finalmente la última nota (**C**) corresponde a un pulso modulado con presencia de armónico con una duración de 10 ms y con una frecuencia de fundamental 1270 Hz.

Esta vocalización también es emitida sólo con la presencia de la nota A cuando el ave es frecuentemente perturbada (Fig. 5).

5.- Grito IV: Es emitida por ambos sexos y corresponde a un grito de alarma. Sus características melódicas y estructurales son las siguientes: es un conjunto de 7 notas emitidas muy rápidamente a intervalos que varían entre 30 y 45 ms, son muy regulares en su duración (45 ms). Sus características físicas corresponden a notas moduladas y armónicas con el fundamental que modula su frecuencia en forma descendente entre 1360-2360 Kz. El máximo de la energía de emisión se encuentra en el armónico 2 (**A2**) (Fig.6).

B.- Repertorio vocal de *Scytalopus magellanicus fuscus* que se distribuye entre Atacama y el Río Bío-Bío.

De un total de 75 vocalizaciones registradas en terreno sólo se ha observado un tipo único de vocalización que corresponde al canto y que sería una vocalización polifuncional.

Canto.- El canto de esta subespecie es muy diferente al de la subespecie del sur por presentar características melódicas y estructurales diferentes. Sus características se pueden definir como una vocalización formada por la repetición regular de notas melódicas con presencia de armónicos, el fundamental de esta nota tiene modulación ascendente entre los 1450 y los 3900 Hz con una duración que varía entre 230 y 240 ms. Los intervalos de emisión tienen una duración de 550 ms. (Fig. 7).

DISCUSION Y CONCLUSION

Al analizar las medidas morfológicas nos ha permitido evidenciar que existen diferencias significativas en todas las caracteristicas consideradas permitiendo concluir que la subespecie *S. m. fuscus* es más grande que *S. m magellanicuss* estas diferencias podrían ser variaciones subespecíficas que no permitirían delucidar la problemática de ser especies diferentes.

Si se analizan ambos repertorios acústicos podemos decir que ambas subespecies son muy disímiles en cuanto al número de vocalizaciones que componen dicho repertorio, cinco para la subespecie *S. m. magellanicus* y una para *S. m. fuscus*. En segundo lugar las diferencias físicas de ambos cantos son también muy significativas lo que haría pensar que fueran dos especies distintas. Esto se ve reforzado por el hecho que la ontogenia del canto está determinado genéticamente al no presentar variaciones ostensibles en los

parámetros físicos de frecuencia (Hz), duración de las notas (ms) número de notas, presencia de armónicos entre los individuos de las distintas poblaciones observados (Vielliard 1986, Riveros 1988, 1989 y 1994).

Vuilleumier (1985) se refiere que posiblemente ambas subespecies serían distintas incluso a nivel específico, indicando incluso que serían resultados de procesos de especiación recientes frente a este hecho y al efectuarse los play-back cruzados se comprueba que no hay reconocimiento específico a través de los cantos al emitirlos en forma cruzada. Esto es evidenciado en dos elementos como son la frecuencia de emisión de las vocalizaciones medidas en número de notas por segundo y el tiempo que utilizan para llegar al lugar de la fuente emisora del canto conocido como período de latencia (Payne 1986). (Tabla 3.)

En el caso de *S. m. magellanicus* la frecuencia de emisión del canto sin "play back" fue entre 1-2 por segundos (X= 1.5) variando entre 2-2.5 notas por segundo con "play back" (X= 2.2) y el de latencia para llegar al lugar de emisión fue de 30 a 60 segundos con distancias de alrededor de 30 a 40 metros, en cambio para *S. m. fuscus* la frecuencia de emisión del canto sin experimento era de 1-2 notas por segundos (X= 1.5) y con experimento entre 2-3 notas por segundo (X= 2.3) y el tiempo de demora en acudir al lugar de emisión fue entre 25 a 80 seg. a distancias similares que la otra subespecie. Al emitir los "play-back" cruzados no ocurrieron tales cambios, entendiéndose como no reconocimiento entre ambas subespecies. (Tabla 3.)

Análisis de la aplicación de Play-back cruzado entre las subespecies de Scytalopus magellanicus

	S. m. fuscus n= 24	S. m. agellanicus n= 24
Latencia promedio en seg.	50 (25-80)	45 (30-60)
Num. de notas/seg. sin play-back	1.5 (1-2)	1.5 (1-2)
Num. de notas/seg. con play-back propio	2.3 (2-3)	2.2 (2-2.5)
Num. de notas/seg. con play-back otra poblac.	2.2.(2-3)	2.3 (2-2.5)
Num. de notas/seg con play-back otra subespecie	1.5 (1-2)	1.5 (1-2)
	0.0 sin cantar	0.0 sin cantar

Estos resultados estarían avalando la hipótesis de que ambas subespecies serían especies distintas, aclarándose de esta manera las dudas que otros autores han manifestado en la literatura ornitológica. Por esta razón se estaría validando la denominación hecha por Gould en 1836 en cual designó como *Scytalopus fuscus* Gould 1836 para la subespecie que se distribuye al norte del río Bío-Bío (*S. m. fuscus*) (Hellmay 1932), en cambio para la subespecie del sur debiera mantener el nombre específico de *Scytalopus magellanicus* Gmelin 1789.

AGRADECIMIENTOS

A través de este modesto aporte a la Ornitología chilena quiero rendir un homenaje al Profesor Sr. Francisco Silva González quien fuera mi Profesor de Zoología y más tarde uno de mis formadores más importantes que he tenido como universitario . También quiero expresar los agradecimientos al Profesor Haroldo Toro por sus comentarios al trabajo, al Dr. Roberto Schlatter por las sugerencias y aportes a la discusión de este trabajo y al Sr. Reinaldo Aldana por la revisión del inglés.

REFERENCIAS

ALARCON J. 1981. Cantos de aves autóctonas sur chilenas, análisis espectrográfica e importancia ecológica. Tesis Ingeniería en Ejecución en Sonido. Universidad Austral de Chile, 70 pp

COLLIAS N.E. 1960. An ecological and functional classification of animal sounds. In: Animal sounds and comunication. Lanyon & Tavolga (Ed.):368-391. Washington, Am. Inst. of Biological Sciencies.

COLLIAS N.E. 1963. A spectrographic analysis of the vocal repertoire of the African Village Weaverbird. Condor, 65: 517-527.

DIAMOND A.W. 1980. Seasonality, populations structure and breeding ecology of the Seychelles Brush Warbler *Acrocephalus seychellensis*. Proc. IV Pan. IV Plan-African Ornithol. Cong., 253-266.

EDWARDS E. P. 1986. A coded workbook of lis of bird of the world. Vol. I y II Briars USA. 174 pp.

ERARD C. 1974. The problem of the Boran Cisticola. Bull. Br. Ornithol. Club, 94:26-38.

GOODALL J. D. A. W. JOHNSON & R.A. PHILIPPI. 1946. Las aves de Chile. Su conocimiento y sus costumbres. Vol I. Platt. Buenos Aires. 356 pp.

FYELDSA J. & KRABBE N. 1990. Bird of the high Andes. Zoological Museum University of Copenhagen. Apollo Booles, Svendborg 876 pp.

HARDY J. W. 1961. Studies on the behavior and phylogeny of certain New Worl Jays (Garrulinae). Univ. Kansas Sci. Bull. 42: 13-149.

HELLMAYR CH.; 1932. The birds of Chile. Field Mus. Nat. Hist. XIX: 1-460.

HILTY S.T. & W.L. BROWN 1986. A guide to the birds of Colombia Princeton. Princeton Univ. Press.

HOUSSE P. E. 1948. Notes sur L'avifaune du Chile. Alauda, 16:21-39.

LANYON W. E. 1978. Revision of the *Myiarchus* flycatchers of South America. Bull. Am. Mus. Nat. Hist. 161: 427-628.

LEHNER P. N. 1979. Handbook of ethological methods. Garland STPM press, New York & London 403 pp.

MEYER DE SCHAUENSEE R. 1982. A guide to the birds of South America. Livingston Publisching Company. Wynnewood, Pensylvania. USA. 470 pp.

ORENTEIN R. LO. & H. D. PRATT. 1983. The relationships and evolution fo the southwest Pacific warbler genera *Vitia* and *Psamathia* (Silviinae). Wilson Bull. 95: 1984-198.

PAYNE R. B. 1980. Behavior and songs of hybrid parasitic finches. Auk, 97:118-134.

PAYNE R. B. 1986. Bird song and avian systematics. Current Ornithology, 3: 87-126.

RIVEROS G.G. 1988. Eto-Ecología evolutiva e adpatativa da comunicaçao sonora en andorinhas (Aves. Hirundinidae) neotropicales. Disertaçao Ph.D. en Ciencias Biológicas. UNICAMP. Sao Paulo. Brasil. 140 pp.

RIVEROS G.G. 1989. Análisis de la comunicación sonora de tres especies de golondrinas (*Notiochelidon cyanoleuca, Tachycineta leucorrhoa* y *T. albiventer*; Fam: Hirundinidae). An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 20: 85-98

RIVEROS G. G. 1994. Desplazamiento del caracter en dos especies simpátridas del género *Pteroptochos* (Fam: Rhinocryptidae: Aves). An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, (Enviado).

SHORT L. L. & J. F. M. HORNE 1983. A review of duetting, sociality and speciation in some African barbets (Capitonidae). Condor, 85: 323-332.

SHORT L. L.1969. Observations on three sympatric of tapaculus (Rhinocryptidae) in Argentina: Ibis, 111: 239-240

SICK H. 1960. Zur Systematik und Biologie der Bunzelsterzer (Rhinocriptidae), speziell brazileirus. J. Ornd. 101: 141-174.

VIELLIARD J. 1986. O uso da bioacústica na observacao de aves. Anais de II Encontro nacional de anilhadores de aves. Univ. Federal de Rio de Janeiro: 98-121.

VIELLIARD J. 1990. Estudio Bioacústico das aves do Brazil: O género Scytalopus. Ararajuba, 1: 4-16.

VUILLEUMIER F. 1985. Forest birds of patagonia: Ecological geography. Speciation. Endemism and faunal History. Ornith. Monogr. 36: 257-303.

WETMORE A. 1972. The birds of republic of Panama. Part 3 Washington. D.C. Smithsonian Inst. Press.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 103-106, 1994

MORFOMETRIA CRANEANA DE *CHAETOPHRACTUS VILLOSUS* (MAMMALIA, DASYPODIDAE)

SILVIA M. SQUARCIA, EMMA B. CASANAVE & GUILLERMINA R. CIRONE

ABSTRACT

A multivariate study about the skull of *Chaetophractus villosus* was made using a total of 37 specimens of both sexes. Morphometric characters were analysed with the Principal Components Method. As a result it was observed that females's skull generally were greater than the males's ones.

Keys Words: Craneometry, Edentata, Armadillos, *Chaetophractus*, Argentina

INTRODUCCION

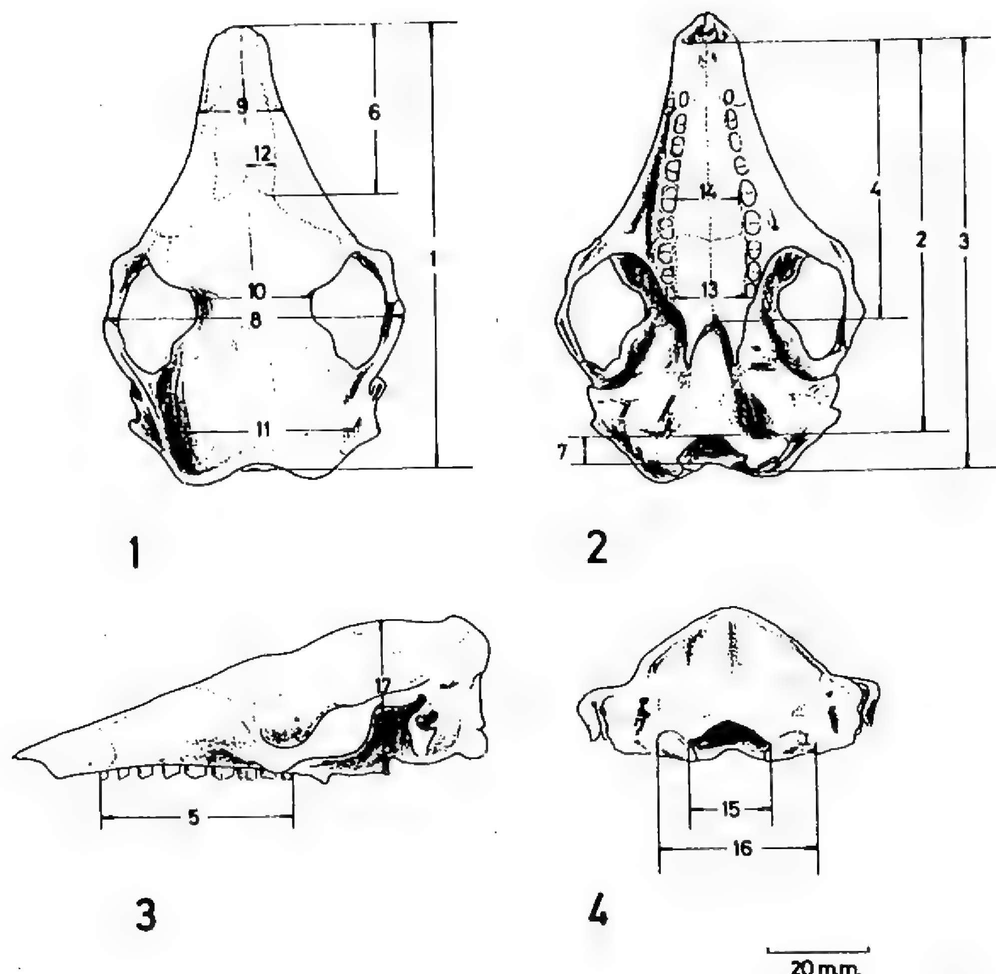
Son escasos e incompletos los estudios craneométricos referidos a Dasypódidos en general y a *Chaetophractus villosus* en particular. Si se considera el análisis comparado intraespecífico entre machos y hembras, la escasez de información es casi total. En efecto, con respecto a esta especie Yepes (1928) publicó valores craneométricos de siete ejemplares de los que no indica el sexo y de tres ejemplares machos. Wetzel (1985) realizó un análisis canónico interespecífico de la tribu Euphractini, considerando diversas medidas craneanas e incluyendo en el mismo a *Ch. villosus*, sin discriminar sexos.

Por lo expuesto, en este trabajo nos propusimos realizar un estudio morfométrico del cráneo en ejemplares adultos de *Ch. villosus*. Los objetivos específicos fueron: a) detectar posibles variaciones de tamaño y forma del cráneo, b) seleccionar las variables que presentan mayor variabilidad individual y c) observar posibles diferencias morfológicas craneanas entre machos y hembras.

MATERIAL Y METODOS

Se emplearon 20 hembras y 17 machos adultos de *Ch. villosus* procedentes de los alrededores de Bahía Blanca, Argentina. Los cráneos se procesaron por métodos convencionales. Se midieron 17 caracteres morfométricos, con un calibre de 0,02 mm de aproximación (Figs. 1 a 4). El estudio de posibles variaciones de tamaño y forma se realizó mediante la técnica de análisis de componentes principales, del Programa MULTI del Area Estadística del Departamento de Matemática, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. Dicho programa ha sido hecho en Fortram y utiliza la subrutina OPRINC de la librería IMSL. Los datos se procesaron en una computadora VAX 11/780.Lasvariables no se transformaron mediante logaritmo debido a que no se observaron relaciones de tipo potencial entre ellas (Sprent 1972). Las componentes principales se obtuvieron a partir de la matriz de covarianzas pues el análisis sobre dicha matriz es menos artificial y tiene mayor interés estadístico (Cuadras Avellana 1981; Morrison 1967).

Area Morfofisiología Animal, Departamento de Biología,Universidad Nacional del Sur, San Juan 670 (8000) Bahía Blanca.



Figs. 1-4. Cráneo de *Ch. villosus*. **1: Vista dorsal**; 1: Longitud total, 6: Longitud nasal, 8: Ancho máximo, 9: Ancho rostral, 10: Ancho interorbitario, 11: Ancho cefálico, 12: Ancho nasal. **2: Vista ventral**; 2: Longitud basal, 3: Longitud cóndilo basal, 4: Longitud palatal, 7: Longitud foramen magnum, 13: Ancho palatal, 14: Ancho palatal molar 5. **3: Vista Lateral**; 5: Longitud serie dentaria, 17: Altura máxima. **4: Vista posterior**; 15: Ancho foramen magnum, 16: Ancho extracondilar.

Por otra parte, se prefirió el uso de esta última en lugar de la matriz de correlaciones porque todas las variables se expresaron en la misma unidad de medida (mm).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las correlaciones entre las variables y la primera componente principal son todas de igual signo. Por lo tanto, esta componente explica la variabilidad craneana debida al "tamaño" (Tabla 1). Los caracteres morfométricos que presentan mayor variabilidad, y en consecuencia son los más importantes para definirlo, fueron las longitudes total, basal y cóndilo basal. El porcentaje de reconstrucción de la varianza de cada uno de dichos caracteres fue $\geq 74\%$ (Tabla 1).

TABLA 1

MEDIAS (±DS) DE LAS VARIABLES Y COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE VARIABLES Y COMPONENTES PRINCIPALES

Carácter morfométrico	X	d.s	Coeficientes de correlación CP1	CP2	CP3	CP4
Longitud total	91.3	±2.18	-0.88	-0.03	-0.05	-0.33
Longitud basal	76.2	±2.00	-0.87	0.29	0.26	0.07
Longitud cóndilo basal	83.3	±2.31	-0.86	0.34	-0.01	-0.21
Longitud palatal	52.9	±1.59	-0.69	0.39	-0.08	0.45
Longitud serie dentaria	42.1	±1.64	-0.74	0.06	0.33	0.41
Longitud nasal	33.7	±1.96	-0.51	0.18	-0.78	0.16
Longitud foramen magnum	10.5	±0.78	-0.19	-0.21	-0.26	-0.29
Ancho máximo	59.0	±2.25	-0.68	-0.64	-0.14	0.13
Ancho rostral	13.0	±0.88	-0.35	0.18	0.46	0.02
Ancho interorbitario	24.3	±0.87	-0.49	-0.47	0.33	0.03
Ancho cefálico	35.2	±1.66	-0.60	-0.55	0.23	0.00
Ancho nasal	6.6	±0.72	-0.41	0.08	0.18	0.10
Ancho palatal	13.1	±0.90	-0.66	-0.42	-0.18	0.03
Ancho palatal molar 5	10.6	±0.68	-0.56	-0.07	0.09	-0.08
Ancho foramen magnum	14.2	±0.73	-0.22	-0.03	-0.01	-0.29
Ancho extracondilar	28.0	±1.03	-0.21	0.15	0.06	-0.19
Altura máxima	31.8	±1.12	-0.50	-0.19	0.00	-0.22
Autovalores			19.5	4.9	3.3	2.3
% de varianza total			50.5	12.9	8.4	5.9

Las demás componentes analizan la variación residual de los datos, que es independiente del tamaño y se refieren a la "forma". Al respecto, el análisis permitió describir tres modelos no correlacionados de variación morfológica: la segunda componente principal opone fundamentalmente los anchos máximo, cefálico e interorbitario a las longitudes palatal y cóndilo basal, dando una idea de la "forma global" del cráneo. Describe un modelo craneano que varía entre cráneos anchos con cara basal y paladar cortos y cráneos angostos con paladar y cara basal largos. La tercera componente está definida principalmente por la longitud nasal opuesta al ancho rostral. Describe la "forma del hocico". Representa un tipo craneano que varía entre individuos de hocico largo y angosto e individuos de hocico corto y ancho. La cuarta componente opone la longitud total a las longitudes palatal y de la serie dentaria, describiendo un modelo craneano que varía entre cráneos largos con paladar corto y cráneos cortos con paladar largo. Solo se consideraron las cuatro primeras componentes porque los autovalores correspondientes a las mismas fueron mayores o iguales al promedio de la varianza que fue 2.3 (Método de Kaiser). Las componentes seleccionadas acumulan el 77.6% del total de la varianza (Tabla 1). Además, el análisis de las componentes restantes no aportó información relevante. Por todo lo expuesto no se consideraron.

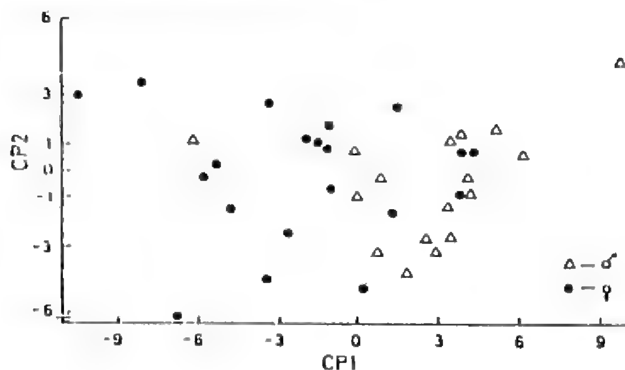


Fig. 5. Distribución de los individuos en el plano de las dos primeras componentes.

La distribución de los individuos en el plano formado por las componentes uno y dos indicaría que los cráneos de las hembras, en su mayoría, son de mayor tamaño que los de los machos. Por el contrario, en este plano no se observa tendencia a la separación de sexos con respecto a la forma (Fig. 5). Tampoco se observó una evidente distribución por forma en las restantes combinaciones bidimensionales de las componentes seleccionadas.

CONCLUSIONES

A través del análisis realizado, en este trabajo se puede observar que los cráneos de las hembras de *Ch. villosus* suelen ser más grandes que los correspondientes a los machos. Las variables morfométricas craneanas que más contribuyen al tamaño son las longitudes total, basal y cóndilo basal.

Por otra parte, con respecto a la forma, los cráneos de ambos sexos parecen ser semejantes.

AGRADECIMIENTOS

Por la lectura crítica del manuscrito, al Lic. Ricardo Camina del Area Estadística de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.

REFERENCIAS

CUADRAS AVELLANA,C.M.1981. Métodos de Análisis Multivariante. Edit. Universitaria de Barcelona, Barcelona, 642 pp.

MORRISON,D.F.1967. Multivariate Statistical Methodos. McGraw Hill Book Company, New York, 338 pp.

SPRENT,P.1972. The Mathematics of size and shape. Biometrics, 28: 23-37.

WETZEL,R.M.1985. Taxonomy and Distribution of Armadillos, Dasypodidae. Pp. 23-46. In: The Evolution and Ecology of Armadillos, Sloths, and Vermilingues. (G.G. Montgomery, edit.) Smithsonian Institution Press.

YEPES,J.1928. Los Edentata Argentinos. Sistemática y distribución. Trabajo final. Revista de la Universidad de Buenos Aires. Serie 2, 1 (5):461-515.

MORFOLOGIA Y ULTRAESTRUCTURA DEL ESPERMATOZOIDE DEL CURURO (*SPALACOPUS CYANUS* MOL.)(RODENTIA; OCTODONTIDAE).

RUFINO J. FEITO*

ABSTRACT

The morphology and the ultrastructure of the cururo (*Spalacopus cyanus* Molina) spermatozoon was studied. The sperm head is regular, symmetric and paddle-shaped. The tail is centrally inserted in the posterior end of the head. The acrosome represents about 70% of the total length of the head and its apical segment forms a symmetric bulk. The morphology of *S.cyanus* spermatozoon agrees with the shape considered typical for mammals, and probably represents a primitive (plesiomorphic) character within group criteria.

Key Words: Morphology, ultrastructure, spermatozoon, *Spalacopus cyanus*, Octodontidae, Rodentia.

INTRODUCCION

El estudio comparativo de la morfología espermática, constituye una herramienta útil para obtener mejores evidencias acerca de la filogenia de los mamíferos (Afzelius 1983) y proporciona además, bases importantes para comprender el papel que tienen los diversos componentes que existen regularmente en los espermatozoides de este grupo (Phillips 1970).

Los espermatozoides de algunas especies de roedores del suborden Hystricognata presentan rasgos particulares que los hacen diferentes al resto de los mamíferos. La región apical de los espermatozoides de *Cavia porcellus* presenta una curvatura que forma un ángulo con el eje anteroposterior de la cabeza (Fawcett 1970). En *Chinchilla laniger*, esta región de los espermatozoides tiene la forma característica de un martillo (Fawcett 1970; Jones 1974). El acrosoma que cubre las caras planas de la cabeza de los espermatozoides de *Octodon degus* (Jones 1974; Berríos et al 1978) y de *Abrocoma* sp. (Herrera et al 1978) es irregular, debido a la presencia de protuberancias de material acrosómico, que resultan de la separación que experimenta a intervalos la membrana acrosómica externa de la membrana acrosómica interna. La cabeza de los espermatozoides del tuco-tuco del Maule *Ctenomys maulinus*, por otra parte, muestra una prolongación acicular del núcleo, que parte desde la región posterior de la cabeza y corre paralela a la cola (Feito y Barros 1982).

Con el propósito de obtener nuevos elementos que pudieran contribuir a visualizar más adecuadamente las relaciones filogenéticas del cururo (*Spalacopus cyanus* Molina 1782), se ha realizado el estudio morfológico y ultraestructural del espermatozoide de esta especie. Este estudio permitirá comparar la morfología espermática de *S. cyanus*, con la descrita para otros roedores del suborden Hystricognata (Retzius 1909; Fawcett 1970; Jones 1974; Berríos et al 1978; Herrera et al 1978; Barros et al 1981; Feito y Barros 1982; Feito y Gallardo 1982).

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 3 ejemplares machos adultos de *S. cyanus*, con un peso aproximado de 110 g, capturados en Concón Alto (V Región). Los animales fueron sacrificados en el laboratorio, por dislocación cervical. Para el estudio de la ultraestructura, trozos de testículos, de epidídimos y de conductos deferentes fueron fijados por 2 horas a temperatura ambiente en glutaraldehído al 2% en tampón cacodilato 0.25 M, a pH 7.3. Después de una postfijación en tetróxido de osmio al 1%, los trozos de tejido fueron deshidratados en acetona e incluidos en una resina de baja viscosidad (Spurr 1969).

Espermatozoides obtenidos de la región caudal del epidídimo, fueron observados y medidos a fresco en un microscopio de contraste de fases, provisto de un micrómetro ocular, o bien fijados en glutaraldehído al 2% en el mismo tampón utilizado anteriormente. Después de una postfijación en tetróxido de osmio al 1%, los espermatozoides fueron montados sobre cubreobjetos y secados en un aparato de punto crítico (Flechón y Bustos-Obregón 1974). A continuación, los espermatozoides fueron cubiertos con una película de Au-Pd de 840 A° de espesor, en una sombradora MacLeod MPS-1, y observados en un microscopio electrónico de barrido Hitachi S-2100.

Los cortes finos fueron obtenidos en un ultramicrótomo Porter Blum MT2B, montados en grillas de cobre de 300 mesh y teñidos con acetato de uranilo y citrato de plomo de acuerdo con las técnicas usuales (Hayat 1970). Las grillas fueron examinadas en un microscopio electrónico de transmisión Zeiss EM 109.

RESULTADOS

El espermatozoide de *S. cyanus* mide un promedio de 40.5 µm. La cabeza del espermatozoide es simétrica, fusiforme y truncada en la región posterior (Fig.1 y 8), y mide 5.4 µm de largo por 2.7 µm de ancho.

* Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación. Casilla 34-V, Valparaíso. Chile. Facultad de Medicina. Universidad de Valparaíso. Casilla 92-V, Valparaíso. Chile.

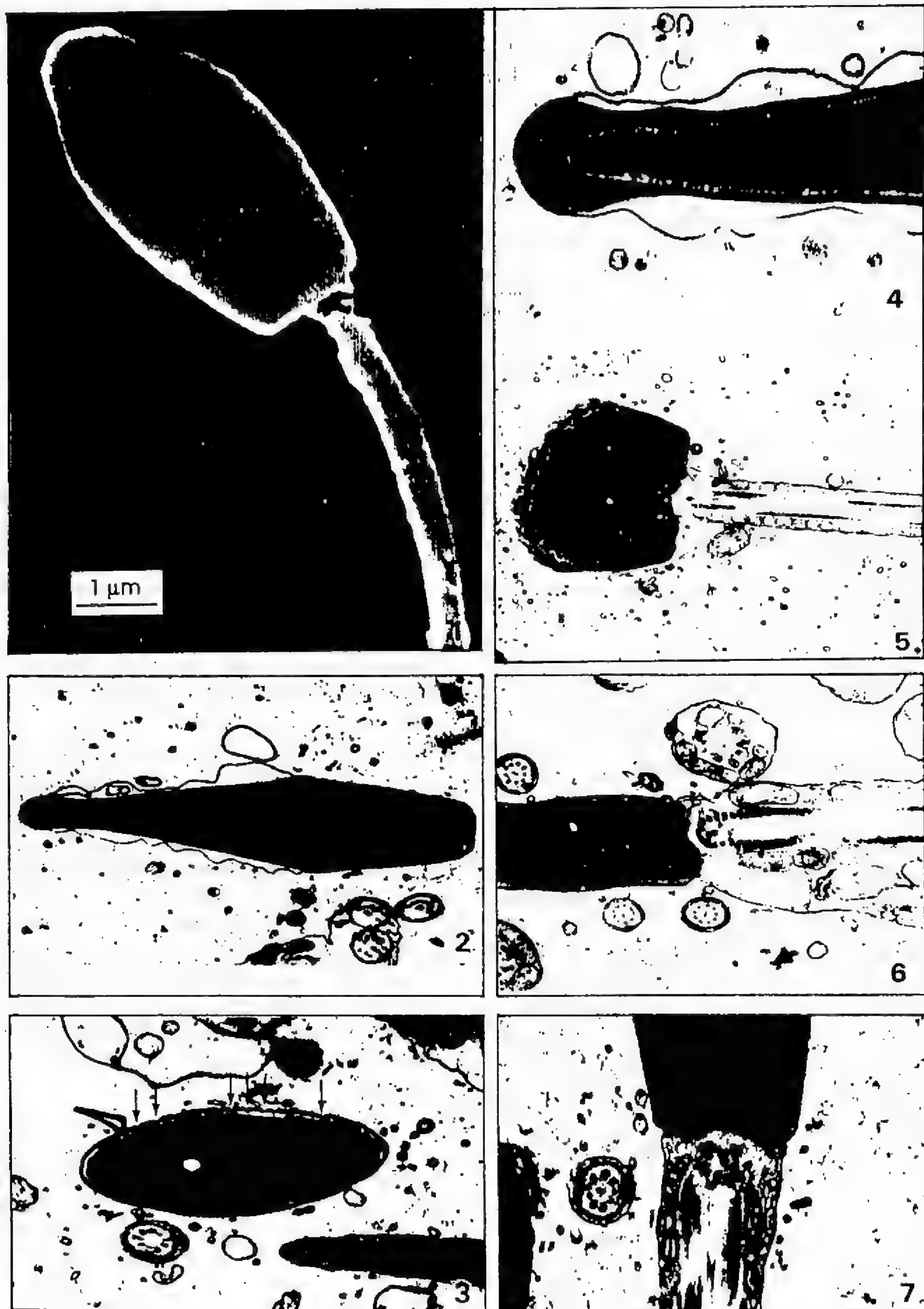


Fig.1. Fotomicrografía electrónica de barrido de la cabeza del espermatozoide de *S. cyanus*.
Fig.2. Corte parasagital de la cabeza del espermatozoide de *S.cyanus*. 18.000x.
Fig.3. Corte transversal de la cabeza del espermatozoide de *S.cyanus* a nivel de la región ecuatorial. Las flechas indican el borde aserrado de la región anterior de la lámina postacrosómica. 18.000x
Fig.4. Corte sagital de la región apical de la cabeza del espermatozoide de *S.cyanus*. 34.285x.
Fig.5. Corte frontal de la región del cuello del espermatozoide de *S.cyanus*. 12.600x.
Fig.6. Corte sagital de la región del cuello del espermatozoide de *S.cyanus*. 18.000x.
Fig.7. Corte sagital de la región del cuello de espermatozoide de *S.cyanus*, que muestra el centríolo proximal. 32.832x.

Ultraestructura

En cortes sagitales se puede observar que la cabeza del espermatozoide es aplastada dorsoventralmente y su grosor máximo se encuentra en la región límite entre el acrosoma y la lámina postacrosómica (Fig.2 y 8), donde alcanza 1100 nm de espesor.

En la base tiene un espesor de 830 nm. En sección transversal, la cabeza presenta una forma elipsoidal (Fig.3 y 8). En cortes que pasan por el borde anterior de la región postacrosómica, se observan depresiones, que corresponden al borde aserrado de la lámina postacrosómica (Fig.3).

El acrosoma ocupa alrededor de un 70% del largo total de la cabeza. Su segmento apical constituye un abultamiento simétrico (Fig.4 y 8) que se extiende 450 nm más allá del límite apical del núcleo. Este segmento tiene un grosor de 580 nm. El acrosoma que cubre las caras planas del núcleo es delgado, regular y mide 70 nm de espesor.

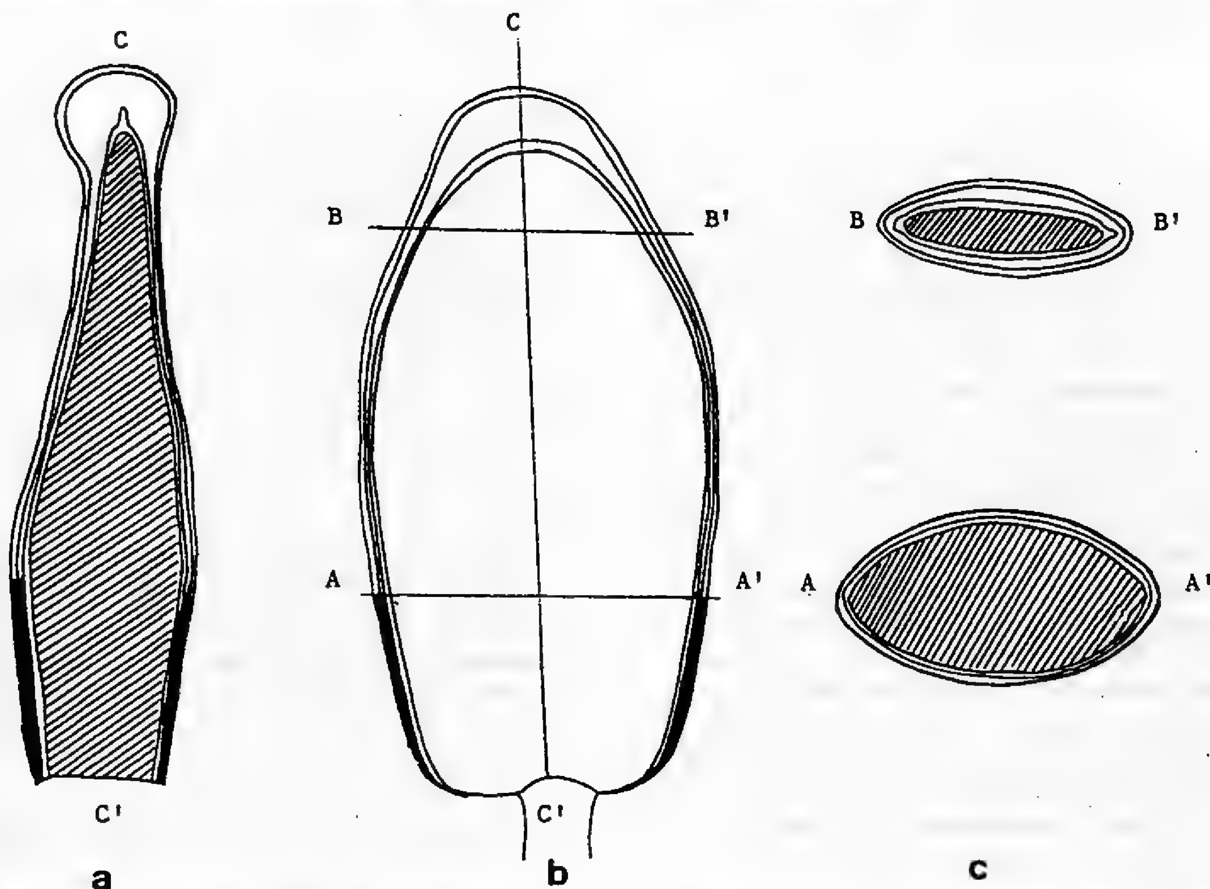


Fig.8. Esquema de la cabeza del espermatozoide de S.cyanus. a. Corte sagital. b. Corte frontal. c. Cortes trasversales. A-A', eje lateral de la región posterior de la cabeza. B-B', eje lateral de la región anterior de la cabeza. C-C', eje anteroposterior de la cabeza.

El espacio subacrosómico se desarrolla moderadamente bajo el acrosoma que cubre las caras planas del núcleo, extendiéndose hacia adelante, en la región apical, como una prolongación digitiforme (Fig.4 y 8).

La cola se inserta centralmente en la región posterior de la cabeza (Fig.5 y 8).

En cortes sagitales de la región del cuello se puede observar el anillo posterior, la fosa de implantación y la membrana nuclear redundante (Fig.6). El centríolo proximal se encuentra orientado paralelamente a las caras planas de la cabeza (Fig.7).

DISCUSION

El espermatozoide de *S.cyanus* no presenta diferencias fundamentales con el modelo que ha sido considerado como típico de los mamíferos (Fawcett 1970; Bedford y Hoskins 1990, Roldán et al 1991). El flagelo del espermatozoide de *S.cyanus* es corto, en comparación con la longitud de los flagelos de otras especies de roedores (Cummins y Woodall 1985).

El segmento apical del acrosoma de *S.cyanus* difiere del observado en otras especies de la familia Octodontidae. En *O. degus*, esta región aparece como

una U invertida cuyos brazos se abren levemente para seguir el contorno del núcleo oval (Berríos et al 1978).

En el espermatozoide de *S.cyanus*, el aplastamiento dorsoventral del núcleo no es tan pronunciado como en los espermatozoides de otros roedores Hystricognata estudiados (Fawcett 1970; Jones 1974, Berríos et al 1978, Feito y Barros 1982). La sección sagital de la cabeza del espermatozoide del cururo, presenta una forma semejante a la encontrada en el espermatozoide de *Lagostomus maximus* (Jones 1974), donde el grosor máximo de la cabeza se encuentra en su tercio posterior.

Considerando que los espermatozoides más simples y regulares representan una condición más primitiva (Vitullo et al 1988; Vitullo y Cook 1991; Roldán et al 1991), pensamos que la morfología del espermatozoide del cururo representa un caracter simplesiomórfico (Brundin 1966, Hennig 1968, Martin 1969, Lovtrup 1977). Roldán et al (1991), utilizando el criterio de comunalidad, han indicado que los espermatozoides con cabeza redonda u oval, provistos de un flagelo corto, podrían proponerse como el tipo ancestral para los roedores y para todos los euterios. La presencia de espermatozoides semejantes a los de *S.cyanus* en *Hystrix cristata* (Retzius 1909), Myocastor coypus (Retzius 1909; Jones 1974), *Aconaemys fuscus* (Barros et al 1981) y en varias especies de *Ctenomys* (Jones 1974; Feito y Gallardo 1982; Vitullo y Cook 1991) sugiere que los espermatozoides con cabeza fusiforme, regular y simétrica, serían la condición ancestral de los Octodóntidos. No se puede descartar, sin embargo, la posibilidad que el espermatozoide simétrico y regular en *S.cyanus* pueda representar una condición derivada más bien que la retención de una forma primitiva.

La ausencia de protuberancias acrosómicas en los espermatozoides de *A.fuscus* y de *S.cyanus*, indica que Octodontidae, de acuerdo con la estructura espermática, no es una entidad homogénea. Aunque el análisis del cariotipo de los Octodóntidos muestra una gran similitud entre *Aconaemys*, *Octodon* y *Spalacopus* (Gallardo 1992), la morfología peniana indica que existen diferencias entre *Spalacopus* y otros géneros de la familia Octodontidae como *Octodon*, *Aconaemys* (Spotorno 1979), *Tympanoctomys*, *Octomys*, *Octodontomys* (J.C. Torres, comunicación personal).

El estudio morfológico y estructural de los espermatozoides de otros Octodóntidos, puede contribuir a visualizar de un modo más adecuado la historia evolutiva de los géneros y las especies de esta familia.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Eduardo Bustos-Obregón las facilidades otorgadas para la utilización del microscopio electrónico. Agradezco igualmente al Sr. Hugo Díaz la confección de los esquemas y al Sr. Francisco Figueroa, su ayuda en el montaje de las fotografías.

REFERENCIAS

AFZELIUS,B.A.1983. Sperm structure in relation to function and phylogeny. In: The sperm cell. (J. André, ed.). Martinus Nijhoff Publishers, The Hague. 465 pp.

BARROS,C., R.FEITO, E.HERRERA & M.BERRIOS.1981. Estudio comparativo de los espermatozoides de cuatro especies de roedores histricomorfos chilenos. Res.V Congr.Latinoam.Microsc.Electr. Bogotá, Colombia.

BEDFORD,J.M. & D.D.HOSKINS.1990. The mammalian spermatozoon: morphology, biochemistry and physiology. In: Marshall's physiology of reproduction. Vol. 2. Reproduction in the male. (G.E. Lamming, ed.). Churchill Livingstone, Edinburgh. 966 pp.

BERRIOS,M., J.E.FLECHON & C.BARROS.1978. Ultrastructure of *Octodon degus* spermatozoon with special reference to the acrosome. Am.J.Anat, 151: 39-54.

BRUNDIN,L.1966. Transantarctic relationships and their significance as evidenced by chironomid midges. Kungl. Sven. Vetensk. Hand, 11: 1-472.

CUMMINS,J.M. & P.F.WOODALL.1985. On mammalian sperm dimensions. J.Reprod.Fert. 75: 153-175.

FAWCETT,D.W.1970. A comparative view of sperm ultrastructure. Biol.Reprod.Suppl. 2: 90-127.

FEITO,R. & C.BARROS.1982. Ultrastructure of the head of *Ctenomys maulinus* spermatozoon with special reference to the nucleus. Gam.Res. 5: 317-321.

FEITO,R. & M.GALLARDO.1982. Sperm morphology of the Chilean species of *Ctenomys* (Octodontidae). J.Mammal. 63: 658-661.

FLECHON,J.E. & E.BUSTOS-OBREGON.1974. Scanning electron microscope study of rabbit spermatozoa. Andrologia 6: 169-180.

GALLARDO,M.H.1992. Karyotipic evolution in octodontid rodents based on C-band analysis. J.Mamm. 73: 89-98.

HAYAT,M.A.1970. Principles and techniques of electron microscopy. Biological applications. Van Nostrand Reinhold, New York. 412 pp.

HENNIG,W.1968. Elementos de una sistemática filogenética. Eudeba, Buenos Aires 353 pp.

HERRERA,E., M.BERRIOS & C.BARROS.1978. Ultraestructura del espermio de *Abrocoma* sp., con especial referencia a la región acrosómica. Arch.Biol.Med.Exp. 11: R-80.

JONES,R.C.1974. The ultrastructure of spermatozoa from some hystricomorph rodents. In: The functional anatomy of the spermatozoon. (B.A. Afzelius, ed.). Pergamon Press, Oxford. 393 pp.

LOVTRUP,S.1977. The phylogeny of vertebrates. John Wiley & Sons, London. 330 pp.

MARTIN,R.D.1969. The evolution of reproductive mechanisms in primates. J.Reprod.Fert.Suppl. 6: 49-66.

PHILLIPS,D.M.1970. Ultrastructure of spermatozoa of the wooly opossum *Caluromys philander*. J. Ultrastruc. Res. 33: 381-397.

RETZIUS,G.1909. Die Spermien der Nagetiere. Biol. Untersuch. Neue Folge 14: 133-162.

ROLDAN,E.R.S., A.D.VITULLO & M.GOMENDIO.1991. Sperm shape and size: Evolutionary processes in mammals. In: Comparative spermatology. 20 years after. (B. Baccetti,ed.). Raven Press, New York. (En prensa).

SPOTORNO,A.E.1979. Contrastación de la macrosistemática de roedores caviomorfos por análisis comparativo de la morfología reproductiva masculina. Arch.Biol.Med.Exp. 12: 97-106.

SPURR,A.R.1969. A low-viscosity epoxy resin embedding medium for electron microscopy. J.Ultrastruc. Res. 26: 31-43.

VITULLO,A.D. & J.A.COOK.1991. The role of sperm morphology in the evolution of Tuco-Tucos, *Ctenomys* (Rodentia, Ctenomidae): confirmation of results from Bolivian species. Z.Säugetierk. 56:359-364.

VITULLO,A.D., E.R.S.ROLDAN & M.S.MERANI.1988. On the morphology of spermatozoa of tuco-tucos, *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae): New data and its implications for the evolution of the genus. J.Zool., Lond. 215: 675-683.

An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso, 22: 113-119, 1994

REEMPLAZANDO ESPACIO POR TIEMPO: ARQUEOFAUNA DEL ESTERO DEL MANZANO *

JAVIER A. SIMONETTI Y BARBARA SAAVEDRA

ABSTRACT

The value of retrospective studies as an analog for geographical surveys is explored. We studied secular changes in species composition of small mammal assemblages through the last 8,000 years in the Maipo River Basin, central Chile. Species richness varied whit time, tending toward an impoverishment due to local extinctions. Past assemblages were more similar to those found nowadays in south-central Chile. Current small mammal assemblages in central Chile seem to be a recent phenomenon.

Key Words: Archaeofauna, small mammals, species richness, secular changes, Maipo river basin, central Chile.

INTRODUCCION

Francisco Silva intentó mantener vivo y propugnar el valor científico de las excursiones zoológicas (Silva et al 1968). A su juicio, dado el fragmentario conocimiento de nuestra fauna, excursiones a regiones científicamente inexploradas de Chile arrojarían información básica sobre la distribución y composición de la fauna nacional (Riveros 1949, 1951, Yáñez 1948). Esta información debería ser la base para estudios avanzados en zoogeografía, ecología, y sistemática de nuestra biota (véase Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso, 1977; Mares 1982) y debería continuar los esfuerzos pioneros de Molina (1782), Poeppig (1835-1836) y Gay (1847), así como completar aquellos de Osgood (1943) y Mann (1978; véase González 1983, Hershkovitz 1987).

No obstante ser una de las mejor conocidas de Sudamérica (Pine 1982, Redford y Eisenberg 1992), la biogeografía de la fauna de mamíferos de Chile es escasamente conocida, careciéndose de un muestreo acabado de todo el territorio nacional (Mares 1982). De hecho, toda vez que nuevas localidades son muestreadas, se producen registros que modifican los rangos de distribución conocidos (Mann 1945, Pine et al 1978, 1979, Simonetti et al 1984, Reise y Venegas 1987, Muñoz et al 1988, Quintana 1990).

Los cambios en la distribución y abundancia no sólo ocurren en los espacios sino también en el tiempo, en escalas temporales que abarcan desde decadas a milenios. Estos cambios son desencadenados por las respuestas de cada especie a las condiciones variables del ambiente, y determinan que la estructura de las biotas contemporáneas sea un fenómeno dinámico y reciente (Graham 1986, Brown y Heske 1990). De esta forma, es importante conocer las vicisitudes temporales de la mastofauna con objeto de comprender las características de la fauna contemporánea.

Así como la distribución geográfica de la fauna de mamíferos de Chile es incompleta, más fragmentario aún es el conocimiento sobre sus variaciones temporales de largo plazo (Simonetti en prensa). Por ello, en lugar de recorrer el espacio para explorar regiones ignotas, lo reemplazaremos por el tiempo, otra región desconocida respecto las características de nuestra mastofauna (Simonetti en prensa). Esta "excursión" a través del tiempo permitirá conocer las variaciones ocurridas en los últimos milenios en la estructura de la fauna de micromamíferos, información que debería servir de base para estudios ecológicos, paleoecológicos y biogeográficos posteriores (Simonetti y Cornejo 1990; véase además Davis 1989). Específicamente, exploraremos los últimos 8.000 años de la precordillera de Chile central con objeto de conocer las variaciones en la fauna de pequeños mamíferos. Mostraremos que la fauna de micromamíferos varía en el tiempo de forma análoga a las variaciones geográficas, reforzando la motivación de Francisco Silva de reconocer biológicamente todos los espacios, ampliándola ahora para incluir la dimensión tiempo.

Departamento de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. Casilla 653, Santiago.

SITIO DE ESTUDIO

Nuestra "excursión" comprende la región de los últimos 8.000 años, de la cual analizaremos la arqueofauna de los aleros rocosos ubicados en el Estero El Manzano, Cajón del Río Maipo, Región Metropolitana. Desde 1988, a lo largo de la cuenca del Estero El Manzano, hemos estudiado cuatro aleros: El Manzano 1 (excavado en Enero 1988, Octubre 1989 a Noviembre 1990), La Batea 1 (excavado en Marzo 1988 y Octubre 1989), Hurtado 1 y Hurtado 2 (excavados en Junio 1988). De estos, El Manzano 1 se ubica en el curso medio del Estero El Manzano, en la confluencia con la quebrada Las Bateas, a 1.050 m.s.n.m.. El alero La Batea 1 en tanto, se localiza en el curso medio de la quebrada del mismo nombre, a 1.250 m.s.n.m. Los aleros Hurtado 1 y 2 se ubican en la parte superior media del estero, a 1.700 m.s.n.m. (Cornejo y Simonetti 1992, Saavedra et al 1988).

Estos aleros han sido usados por poblaciones humanas prehistóricas y contemporáneas como espacios habitacionales temporales (Cornejo y Simonetti 1992, Saavedra et al 1988). Asociados a estos aleros hemos encontrado restos de fauna, incluyendo aves, reptiles y mamíferos, de los cuales comunicamos solamente los resultados de pequeños mamíferos.

METODOS

La recuperación de materiales zooarqueológicos la realizamos mediante excavaciones verticales, en pozos de 1 x 1 m y profundidad variable según la potencia del sitio. La remoción de los depósitos la efectuamos por estratos naturales, respetando la identidad de capas y rasgos estratigráficos. El sedimento recolectado fue harneado secuencialmente en cedazos con calado de 3,0 y 1,5 mm, respectivamente. Este doble harneo nos permitió recuperar incluso molares aislados de roedores cricétidos.

Los restos de pequeños mamíferos los determinamos a nivel específico empleando solamente piezas craneanas y dentarias. Para ello, recurrimos a las claves usuales (Reise 1973) y colecciones de referencia (e.g., Museo Nacional de Historia Natural). Si bien recuperamos piezas postcraneanas (e. g. , vértebras, fémures innominados), la ausencia de claves y colecciones de referencia nos impide determinarlos más allá de un ni-vel ordinal, por lo cual los hemos excluido del análisis.

La ausencia de claves para elementos postcraneanos, unido al fragmentario estado en que se recuperan los restos determina que la proporción de restos identificables sea baja. En El Manzano 1, un 29,2% de los restos recuperados fue asignable a nivel genérico o específico, mientras que en La Batea 1 sólo un 16,0% de los restos pudo ser determinado a este nivel. Tanto en El Manzano 1 como La Batea 1, las piezas determinables más comunes son molares aislados (78,2%) y hemimandíbulas (16,7%), en tanto maxilares (2,9%) e incisivos aislados (2,3%, determinables sólo a nivel de familia) representan una fracción menor de la muestra.

Para efectos del presente análisis, los taxa son tratados como atributos de la muestra. Esto es, consideramos solamente su patrón de presencia/ausencia para cada tiempo y sitio (Grayson 1984, Simonetti 1989a). No obstante, para facilitar trabajos posteriores, hemos cuantificado los restos determinables expresando la abundancia de cada taxón en términos de a) número de especímenes (NISP), esto es el número de huesos y dientes o fragmentos de éstos asignados a un taxón, y b) número mínimo de individuos (MNI) que daría cuenta del total de especímenes asignados a un taxón (Grayson 1984).

Cuando fue posible obtener muestras de carbón vegetal, estas se usaron para determinar la edad de los restos asociados a un determinado estrato, mediante el método del Carbono 14. En otras ocasiones, los restos se fecharon según marcadores culturales de edad conocida.

RESULTADOS

La potencia de los cuatro aleros es muy distinta, y por consiguiente la cantidad de material de arqueofauna depositado en ellos. De hecho, en Hurtado 2 no se encontró resto alguno de fauna luego de excavar tres pozos de sondeo al interior del alero, removiendo un total de 0,2 m^3 de sedimento. En Hurtado 1, la muestra también es pobre. Excavados nueve pozos de sondeo (siete al interior del alero y dos al exterior del mismo) y procesados 1,2 m^3 de sedimento, se recuperaron 18 piezas óseas, de las cuales siete fueron determinables y corresponden a un total de cuatro individuos (un *Akodon longipilis*, un *Oryzomys longicaudatus* y dos *Phyllotis darwini*), representados por un total de siete especímenes (una mandíbula de *A. longipilis*, una mandíbula de *A. olivaceus* y cuatro manbíbulas y un maxilar de *P. darwini*. Estos restos fueron depositados en tiempos prehistóricos o recientes (cf. Saavedra et al 1988).

En contraste con Hurtado 1 y 2, los aleros de El Manzano 1 y La Batea 1 arrojaron 5.950 restos de pequeños mamíferos, abarcando una secuencia temporal de 8.000 años. En El Manzano 1 se excavaron cuatro pozos, uno al interior del alero y tres en el exterior, procesándose un total de 6,6 m^3 de sedimento. El pozo interior reveló que la parte central del alero ha sido alterada por excavaciones previas (Saavedra et al 1988). Por ello, este pozo, que arrojó 241 especímenes identificables no ha sido incluído en el análisis. De los tres pozos exteriores se procesaron en total 5,1 m^3 de sedimento. Se reconocieron siete unidades estratigráficas de depositación. Las tres más superficiales (0, 1, y 2) corresponden a tiempos históricos y recientes, y presentan mezcla de sedimentos por pisoteo y remociones de origen reciente, con escasa depositación de restos de fauna: sólo cuatro especímenes asignables a Octodontidae (Tabla 1). Los cinco estratos restantes no presentan alteración y son susceptibles de análisis. En base a la naturaleza de los restos arqueológicos, y por correspondencia con los estratos 3 y 4 de La Batea 1, el estrato 3 puede fecharse en 1.500 A.P. El estrato 6 tiene un fechado absoluto de 8.900 ± 120 A.P. En total, de El Manzano 1 se recuperaron un 797 piezas óseas, concentradas en los estratos 3 a 7. De estas, 233 especímenes fueron determinables, y corresponden a 113 individuos de ocho especies de roedores y marsupiales (Tabla 1). La fauna está caracterizada por roedores caviomorfos, en particular octodóntidos: *Aconaemys fuscus*, *Octodon bridgesi*, *Octodon degus*, y *Spalacopus cyanus*. De las ocho especies, seis habitan el área del Estero El Manzano en la actualidad, salvo *A. fuscus* y *O. bridgesi* cuyos límites septentrionales se ubican al sur de El Manzano en la actualidad (Contreras et al 1987). Su último registro en El Manzano 1 ocurre hacia el 1.500 A.P., con el establecimiento de sociedades horticultoras y agricultoras en la región (Simonetti y Cornejo 1990).

En La Batea 1 se excavaron 10 pozos, nueve al interior del alero y uno en su exterior. En total se procesaron de 8,2 m^3, recuperándose 2.027 restos de pequeños mamíferos, distribuídos en ocho unidades de depositación. Sobre el estrato 2, de origen histórico, se depositó una colada de barro compacto de 50-60 cm de espesor, la cual actuó como sello del piso del alero La Batea 1, protegiendo los materiales depositados (Saavedra et al 1988). Los estratos 3-4 tienen un fechado absoluto de 1.590 ± 280 y 1.520 ± 280 A.P. El estrato 5 tiene una fecha de 2.390 ± 130 A.P., y el estrato 6 de 4.460 ± 180 y 4.240 ± 70 A.P. Por último,

TABLA 1. ARQUEOFAUNA DE EL MANZANO 1. LOS VALORES SON EL NUMERO DE ESPECIMENES IDENTIFICADOS (NISP, EXPRESADO COMO E) Y EL NUMERO MINIMO DE INDIVIDUOS (MNI, EXPRESADO COMO M) POR ESTRATO NATURAL.

		E	S	T	R	A	T	O		
TAXA		0	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL
Didelphidae										
Marmosa elegans	E	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	M	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Abrocomidae										
Abrocoma bennetti	E	0	0	0	4	3	2	2	1	12
	M	0	0	0	3	2	2	2	1	10
Octodontidae										
Aconaemys fuscus	E	0	0	0	6	1	0	5	2	14
	M	0	0	0	3	1	0	3	2	9
Octodon bridgesi	E	0	0	0	0	3	3	11	7	24
	M	0	0	0	0	2	3	6	4	15
Octodon degus	E	0	0	0	17	18	5	18	8	66
	M	0	0	0	8	10	3	8	4	33
Spalacopus cyanus	E	0	0	0	46	21	6	18	8	99
	M	0	0	0	15	7	4	6	3	35
Octodontidae indet.	E	1	2	1	0	1	0	0	0	5
	M	1	1	1	0	1	0	0	0	4
Chinchillidae										
Lagidium viscacia	E	0	0	0	0	2	2	2	0	6
	M	0	0	0	0	2	2	2	0	6
Cricetidae										
Phyllotis darwini	E	0	0	0	0	0	1	1	0	2
	M	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Cricetidae indet.	E	0	0	0	3	1	0	0	0	4
	M	0	0	0	1	1	0	0	0	2

el estrato 8 tiene un fechado de 5.560±250 A. P. De los 2.027 restos recuperados, 792 especímenes fueron determinables representando a lo menos 289 individuos de 13 especies de roedores y marsupiales (Tabla 2). La mayor riqueza de especies en La Batea 1 se debe a la recuperación de restos de seis especies de cricétidos: *Akodon longipilis*, *Akodon olivaceus*, *Auliscomys micropus*, *Euneomys chinchilloides*, *Oryzomys longicaudatus* y, *Phyllotis darwini* (Tabla 2). Todos los cricétidos viven en la zona de El Manzano actualmente, pero con distribuciones altitudinales diferentes, tal como *E. chinchilloides* y *A. micropus* (véase Tamayo y Frassinetti 1980). Entre los caviomorfos, *A. fuscus* es registrado en tiempos históricos (estrato 2), en tanto *O. bridgesi* desaparece de La Batea 1 hacia el 1.500 A.P., igual que en El Manzano 1 (Tabla 2).

TABLA 2. ARQUEOFAUNA DE LA BATEA 1. LOS VALORES SON EL NUMERO DE ESPECIMENES IDENTIFICADOS (NISP, EXPRESADO COMO E) Y EL NUMERO MINIMO DE INDIVIDUOS (MNI, EXPRESADO COMO M) POR ESTRATO NATURAL.

		ESTRATO								
TAXA		2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
Didelphidae										
Marmosa elegans	E	3	2	0	3	2	1	0	0	11
	M	2	2	0	2	1	1	0	0	8
Abrocomidae										
Abrocoma bennetti	E	1	1	2	36	44	27	7	0	118
	M	1	1	2	15	18	11	3	0	51
Octodontidae										
Aconaemys fuscus	E	5	2	3	8	15	7	3	1	44
	M	3	2	2	7	7	5	1	1	28
Octodon bridgesi	E	0	0	0	2	12	0	0	2	16
	M	0	0	0	2	10	0	0	2	14
Octodon degus	E	1	3	8	27	84	55	19	6	203
	M	1	2	4	10	22	18	10	3	70
Spalacopus cyanus	E	9	5	16	62	164	75	20	8	359
	M	7	4	6	16	24	19	7	3	86
Octodontidae indet.	E	0	0	1	2	1	2	0	0	6
	M	0	0	1	2	1	2	0	0	6
Chinchillidae										
Lagidium viscacia	E	2	2	0	2	1	1	2	1	11
	M	2	1	0	2	1	1	2	1	10
Cricetidae										
Akodon longipilis	E	0	0	2	2	1	1	0	0	6
	M	0	0	2	2	1	1	2	1	6
Akodon olivaceus	E	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	M	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Auliscomys micropus	E	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	M	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Euneomys chinchilloides	E	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	M	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Oryzomys longicaudatus	E	0	1	2	0	2	0	0	0	5
	M	0	1	2	0	2	0	0	0	5
Phyllotis darwini	E	4	1	3	6	6	4	4	0	28
	M	2	1	3	5	4	4	3	0	22
Cricetidae indet.	E	7	0	2	0	1	3	0	0	13
	M	4	0	2	0	1	3	0	0	10

La riqueza de especies (S) de cada estrato está correlacionada con el número de especímenes (rs = 0,69, P = 0,06) como es usual en registros zooarqueológicos (Grayson 1984). Esto impide aceptar como evidencia de variaciones temporales de S los cambios observados. De igual forma, la diferencia en riqueza de especies detectada entre El Manzano 1 y La Batea 1 puede atribuirse a diferencias en las potencias de los sedimentos y tamaños muestrales, y no a diferencias biológicas entre los sitios. En La Batea 1 se detectaron 13 especies en base a 2.027 restos recuperados, en tanto que las ocho especies detectadas en El Manzano 1 se basan en 797 restos, muestra equivalente al 39% de aquella de La Batea 1. No obstante, la presencia de algunas especies es interpretable y representan cambios en distribuciones altitudinales y fenómenos de extinción local.

DISCUSION

La fauna de pequeños mamíferos del Estero El Manzano ha variado durante los últimos 8.000 años. Si bien la variación secular de la riqueza de especies no es interpretable dada su relación con el tamaño de la muestra (Grayson 1984), la presencia pretérita de algunas especies hoy ausentes de la región permite hacer algunas inferencias sobre la distribución de la fauna en el tiempo. A nivel de especies, destacan las variaciones en la distribución de cuatro especies. *Aconaemys fuscus* se distribuye actualmente desde el interior de San Fernando hasta Osorno (Contreras et al 1987, Simonetti 1989b). Su reciente desaparición de la cordillera de Santiago representa una reducción en su rango de distribución y una consiguiente reducción en la riqueza de especies de micromamíferos en Chile central.

Por su parte, *Octodon bridgesi* se distribuye desde Cachapoal hasta Malleco, a lo largo de la precordillera andina y a lo largo de la cordillera de la costa desde Constitución hasta Nahuelbuta (Contreras et al 1987, Muñoz et al 1988, Saavedra et al 1991). Al igual que *A. fuscus*, *O. bridgesi* ha reducido su distribución en tiempos recientes. La desaparición de *A. fuscus* y *O. bridgesi* de la cordillera andina frente a Santiago sugiere que la riqueza de especies de micromamíferos hacia el 1.500 A.P. pudo haber sido más alta que en la actualidad.

En contraste con los octodóntidos, que exhiben extinciones locales, los cricétidos presentan sólo modificaciones en sus rangos altitudinales de distribución. *Auliscomys micropus* se distribuye en Chile desde el Estrecho de Magallanes hasta Farellones (app. 2.300 m.s.n.m.), en la cordillera frente a Santiago (Simonetti 1982). Su presencia en Chile central ha sido confirmada sólo en base a restos craneanos obtenidos de regurgitados de lechuzas, sin haberse capturado ejemplares vivos (Simonetti 1982, Simonetti et al 1985). La presencia de *A. micropus* en La Batea 1, cerca de 5.000 A.P. confirma su presencia de larga data en la zona, pero en alturas inferiores a las actuales. *Euneomys chinchilloides* por su parte, se distribuye actualmente por sobre los 2.400 m.s.n.m. (Reise y Gallardo 1990). No obstante, en tiempos históricos estaba presente a 1.250 m.s.n.m.. Los cambios en distribuciones de *A. micropus* y *E. chinchilloides* conllevan que durante algún periodo de tiempo, ambas especies pudieron ser sintópicas con organismos con los cuales hoy son alotópicos/alopátridos, como *O. degus*. De hecho, el ensamble de especies de micromamíferos registrado hacia 4.000 A.P., con la co-ocurrencia de especies hoy alotópicas en la cordillera frente a Santiago, pareciera ser más similar a aquel que hoy habita la zona centro-sur de Chile, a juzgar por sus distribuciones geográficas (véase Tamayo y Frassinetti 1980).

Micromamíferos "típicos" de la fauna de Chile central, tales como ambas especies de *Akodon*, *P. darwini* y *O. longicaudatus*, junto a *O. degus* han estado presentes en la cordillera frente a Santiago durante los últimos 8.000 años, conformando una fauna más rica en especies que la actual. Dado que la riqueza de especies depende del esfuerzo muestral y la potencia de los sitios arqueológicos, parece razonable suponer que muestreos más intensos de los aleros del Estero El Manzano podrían completar los hiatos en las distribuciones temporales de algunos taxa y posiblemente, arrojar nuevas especies. Aún con las actuales limitaciones de la muestra, el registro de *A. fuscus* y *O. bridgesi* indica que la fauna fue más rica en el pasado cercano que hoy.

Sobre este punto destaca una aparente diferencia entre los ensambles dominados por cricétidos a aquellos en los cuales los caviomorfos son más numerosos en términos de riqueza de especies. En la fauna del Holoceno temprano de Magallanes, dominada por cricétidos, la riqueza e identidad de especies se ha mantenido relativamente constante durante los últimos 12.000 años (Simonetti y Rau 1989). En la arqueofauna de los bosques magallánicos de Argentina la situación es similar, salvo la extinción de *Octodon* sp (Pearson y Pearson 1982). En Chile central en tanto, la riqueza de especies ha decrecido pero se mantiene estable la identidad de las especies que sobreviven. Las extinciones locales las experimentan los octodóntidos *Aconaemys* y *Octodon*.

Las excursiones zoológicas deberían ser el mecanismo para completar el catastro de la riqueza de especies de Chile, y esta información debería servir de base a estudios avanzados en sistemática, ecología y biogeografía, entre otros. Nuestra exploración a través del tiempo, en lugar del espacio, ha revelado que las variaciones seculares en la fauna generan una base de información que sirve, igual que los registros espaciales, de fuente para estudios en ecología y otras áreas. Al explorar la región de los últimos 8.000 años, hemos descubierto variaciones en la composición de la fauna de micromamíferos de la cordillera frente a Santiago. Los cambios en estructura se deberían a extinciones locales y modificaciones en las distribuciones altitudinales de algunas especies, con lo cual la estructura de la fauna contemporánea sería un fenómeno reciente. Los factores causales de estos cambios, la eventual similitud estructural pasada con aquella de la zona centro-sur actual, la aparente probabilidad diferencial de extinción entre octodóntidos y cricétidos y sus consecuencias para la persistencia de los ensambles de micromamíferos son áreas de investigación que emergen de conocer la distribución temporal de nuestra fauna. Estos hallazgos demuestran que aún con el siglo XXI *ad portas*, la necesidad de realizar excursiones zoológicas sigue vigente, así como el mensaje de Francisco Silva.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por FONDECYT, proyectos 87-407 y 89-871. La recuperación de los restos de arqueofauna fue coordinada por Luis Cornejo.

REFERENCIAS

BROWN, J. H. & E. J. HESKE. 1987. Temporal changes in a Chihuahuan desert rodent community. Oikos 59: 290-302.

CONTRERAS, L. C., J. C. TORRES-MURA & J. L. YAÑEZ. 1987. Biogeography of octodontid rodents: en eco-evolutionary hypothesis. Fieldiana, Zoology, New Series 39: 401-411.

CORNEJO, L. E. & J. A. SIMONETTI. 1992. Asentamientos prehistóricos en los Andes de Chile central: tradición y flexibilidad. Clava (Chile). 5: 81-98.

DAVIS, M. B. 1989. Retrospective studies. En:Likens, G.E. (ed.) Long-term studies in ecology. Springer-Verlag, New York: 71-89.

GAY, C. 1847. Historia Física i Política de Chile. Zoología I. Maulde & Renou, Paris.

GONZALEZ, R. H. 1983. Desarrollo de las Ciencias Naturales en Chile. Cuadernos Universidad de Chile 2: 87-110.

GRAHAM,R. W. 1986. Response of mammalian communities to environmental changes during the late Quaternary.In: Diamond, J. & T.J. Case (eds.) Community ecology. Harper & Row, New York: 300-313.

GRAYSON, D. K. 1984. Quantitative zooarchaeology. Academic Press, Orlando, Florida.

HERSHKOVITZ, P. 1987. A history of recent mammalogy of the Neotropical region from 1492 to 1850. Fieldiana, Zoology, New Series 39: 11-98.

MANN, G. 1945. Mamíferos de Tarapacá. Observaciones realizadas durante una expedición al alto norte de Chile. Biológica 2: 23-134.

MANN, G. 1978. Los pequeños mamíferos de Chile: marsupiales, quirópteros, edentados y roedores. Gayana, Zoología 40: 1-342.

MARES, M. A. 1982. The scope of South American mammalian biology: perspectives on a decade of research. In: Mares, M. A. & H. H. Genoways (eds.) Mammalian biology in South America. Special Publication Series, Pymatuning Laboratory of Ecology, University of Pittsburgh 6: 1-26.

MOLINA, G. I. 1782. Saggio sulla storia naturale del Chili. S. Tommasso d'Aquino, Boloña.

MUÑOZ, A., R. MURUA & J. RODRIGUEZ. 1988. Nuevos registros de *Octodon bridgesi* (Waterhouse, 1844) en la costa de la VII y VIII regiones de Chile (Rodentia: Octodontidae). Medio Ambiente 9: 96-98.

OSGOOD, W. H. 1943. The mammals of Chile. Field Mus. Nat. Hist., Zoological Series 30: 1-268.

PINE, R. H. 1982. Current status of South American Mammalogy. In: Mares, M.A. & H.H. Genoways (eds.) Mammalian biology in South America. Special Publication Series, Pymatuning Laboratory of Ecology, University of Pittsburgh 6: 27-37.

PINE, R. H., S. D. MILLER & M. L. SCHAMBERGER. 1979. Contributions to the mammalogy of Chile. Mammalia 43: 339-376.

POEPPIG, E. 1835-1836. Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrome wahrend der Jahre 1827-1832. F. Fleischer, Leipzig, I y II.

QUINTANA, V. J. 1990. Presencia de *Eligmodontia typus typus* Cuvier, 1837 en la cordillera de Malleco, IX Región, Chile (Rodentia: Cricetidae). Com. Mus. Reg. Concepción 4: 53-58.

REDFORD, K. H. & J. F. EISENBERG. 1992. Mammals of the Neotropics. 2. The southern cone: Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay.University of Chicago Press, Chicago, Illinois.

REISE, D. 1973. Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. Gayana, Zoología 27: 1-20.

REISE, D. & M. H. GALLARDO. 1990. A taxonomic study of the South American genus *Euneomys* (Cricetidae, Rodentia). Rev. Chil. Hist. Nat. 63: 73-82.

REISE, D. & W. VENEGAS. 1987. Catalogue of records, localities and biotopes from research work on small mammals in Chile and Argentina. Gayana, Zoología 51: 103-130.

RIVEROS, F. 1949. La exploración científica del mar chileno. II. El viaje de la corbeta "La Coquille" (1822-1825). Rev. Biol. Mar. 2:43-67.

RIVEROS, F. 1951. La exploración científica del mar chileno. III. El viaje del Padre Luis Feuillee de 1707 a 1711. Rev. Biol. Mar. 3: 19-52.

SAAVEDRA, B., J. A. SIMONETTI, C.ALDUNATE & F. GALLARDO. 1991. Presencia de *Octodon* (Rodentia) en la costa de la VII Región (Chile): registro zooarqueológico. Medio Ambiente. 11: 114-117.

SAAVEDRA, M. A., L. E. CORNEJO & F. J. ARNELLO. 1988. Investigaciones arqueológicas en la precordillera de la cuenca de Santiago. Actas, XI Congreso Nacional de Arqueología Chilena.) 3: 132-136.

SILVA, F., A. VELOSO, J. SOLERVICENS & J. C. ORTIZ. 1968. Investigaciones zoológicas en el Parque Nacional Vicente Pérez Rosales y zona de Pargua. Noticiario Mensual, Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile) 148: 3-11.

SIMONETTI, J. A. 1982. Nuevo registro de *Auliscomys micropus* en Chile central (Rodentia: Cricetidae). Noticiario Mensual, Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile) 308- 3-4.

SIMONETTI, J. A. 1989a. Small mammals as paleoenvironmental indicators: validation for species of central Chile. Rev. Chil. Hist. Nat. 62: 109-114.

SIMONETTI, J. A. 1989b. Sobre la distribución de *Aconaemys* Ameghino, 1891 en Chile. Noticiario Mensual, Mus.Nac.Hist.Nat. (Chile) 315: 8-9.

SIMONETTI, J. A. Paleoecología, En: Muñoz, A., J.R. Rau & J. L. Yáñez (eds.) Biología de mamíferos chilenos. Editorial Algueró, Santiago.(en prensa).

SIMONETTI, J. A. & L. E. CORNEJO. 1990. Economic and ecological changes: the prehistory of the Andean mountains of central Chile. Working papers, Center for Latin American Studies, University of Florida: 65-77.

SIMONETTI, J. A. & J. R. RAU. 1989. Roedores del Holoceno temprano de la cueva del Milodón, Magallanes, Chile. Noticiario Mensual, Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile) 315: 3-5.

SIMONETTI, J. A., E. R. FUENTES & R. D. OTAIZA. 1985. Habitat use by two rodent species in the high Andes of central Chile. Mammalia 49: 19-25.

SIMONETTI, J. A., A. POIANI & K. J. RAEDEKE. 1984. *Oryzomys longicaudatus* (Bennett 1832) en Sierra Las Tapias, Norte de Chile. Neotropica 30: 17-18.

TAMAYO, M. & D. FRASSINETTI. 1980. Catálogo de los mamíferos fósiles y vivientes de Chile. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat. (Chile) 37: 323-399.

YAÑEZ, P. A. 1948. La exploración científica del mar chileno. I. El viaje de la corbeta italiana "Magenta". Rev. Biol. Mar. 1: 132-162.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

ASPECTOS GENERALES

Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso, fundado en 1968, es una publicación anual del Museo de Historia Natural de Valparaíso,en co-edición con la Universidad Católica de Valparaíso, publica manuscritos originales de Zoología, Botánica, Ecología y Arqueología.

La recepción de trabajos es continua, publicándose en el orden de aceptación.

Los manuscritos son sometidos a dos especialistas quienes evalúan su importancia y rigor científico. El autor principal será notificado de la aceptación, rechazo o modificación dentro del menor plazo posible. La decisión de los editores es definitiva.

Al editor deberán enviarse los manuscritos en triplicado a doble espacio y una diskette con el artículo en un procesador de palabra. El idioma de publicación esencialmente es el español, evitando el uso de neologismos técnicos y sólo usando las abreviaciones aceptadas internacionalmente.

FIGURAS y TABLAS

Las Figuras deberán ser hechas en papel diamante, con tinta china negra, deberán ser numeradas correlativamente y citadas en texto como Fig. Los Cuadros o Tablas se llamarán Tablas, numeradas correlativamente, evitando las tabulaciones. En caso de incluir fotografías, éstas deben ser en B/N, de óptima calidad y bien contrastadas.

En lo posible los manuscritos deberán ceñirse a la siguiente estructura:

Título (conciso e informativo) en español e inglés. Abstract. Key words (5 a 6 palabras en inglés).Introducción. Materiales y Métodos. Resultados. Discusión. Conclusiones. Agradecimientos (si los hubiese) y Referencias.

A pie de la primera página se indicará la dirección postal del o de los autores.

Los nombres científicos deberán escribirse completos incluyendo el nombre de su descriptor, por lo menos la primera vez que se mencionan en el texto.

REFERENCIAS

En caso de citarse un trabajo de tres o más autores, se colocará el apellido del primer autor seguido de et al y el año.

En Referencias anote sólo los trabajos citados en el texto y ordenados alfabéticamente de acuerdo al apellido del primer autor. Iniciales del nombre y apellidos deben ir en mayúscula. Luego del último autor,irá el año de publicación , el título del artículo, revista, volumen, número y páginas.

PERIODICAS.

FORSBERG, J. & C. WIKLUND. 1988. PROTANDRY IN THE GREENVEINED WHITE BUTTERFLY, Pieris napi L. Funct. Ecol. 2: 81-88.

SIMONETTI, J. A., A. POIANI & K. J. RAEDEKE. 1984. **Oryzomys longicaudatus** (Bennett 1832) en Sierra Las Tapias, Norte de Chile. Neotropica 30: 17-18.

LIBROS.

MAYR, E. 1963. Animal species and evolution. Harvard University Press, Cambridge. M. A.

CAPITULOS.

BROWN,V.K & T. R. E. SOUTHWOOD. 1987. Secondary succession: patterns and strategies. In: Gray, A. J, M. J. Crawley and P. J. Edwards (eds.), colonization, succession and stability. Blackwell, Oxford, pp 315-337.

Use "En", en vez de "In", para las citas de capítulos si el libro es en español.

Se deben citar sólo trabajos publicados o en prensa. En este último caso, indique en Referencias y al final del nombre de la periódica, entre parentesis, las palabras "en prensa".

Hay un cargo por página y el autor principal recibirá 50 separatas.

Deseamos canje con publicaciones similares.
Exchange with similar publications is desired.
On prie de bien vouloir établir l'echange.
Wit bitten um Austauch mit aehnlichen Fachzeitschriften.

Dirigirse a: Museo de Historia Natural de Valparaíso.
Condell 1546. Valparaíso.
Casilla 3208, Correo 3.
Valparaíso.
Chile.